

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS GEOLÓGICAS



TESIS DOCTORAL

**Análisis estadístico de las formaciones uraníferas del
yacimiento de El Lobo en Don Benito (Badajoz)**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Juan M. Tena Calvo

DIRECTOR:

Enrique Mingarro Martín

Madrid, 2015

BIBLIOTECA UCM



5305095187

ANALISIS ESTADISTICO DE LAS FORMACIONES URANIFERAS
DEL YACIMIENTO DE EL LOBO en DON BENITO.(Badajoz)

JUAN M. TENA CALVO

MADRID. Octubre 1.977

Trabajo realizado para optar al grado de
Doctor en GEOLOGIA ECONOMICA.

R.T 644

A MIS PADRES

Y A MIS HERMANAS

Han sido tantos los que de un modo u otro han hecho posible que este trabajo llegase a su culminación que sería preciso un largo capítulo para expresar mi agradecimiento a todos ellos; por esto, en este apartado sólo aparecerán los que de forma más directa me han prestado su ayuda. Y ante todos debo nombrar al Director de esta tesis, Dr. D. ENRIQUE MINGARRO MARTIN, sin cuyo interés e inquietudes no hubiera sido posible.

Igualmente mis recuerdos y sinceras gracias para los compañeros del grupo de investigación y trabajo constituido durante los años 1970 a 1974 en el Laboratorio de Mineralogía de la J. E. N. por los entonces becarios J. R. PAS-CUAL; F. RECREO, R. SOLA, A. TALLOS y F. A. ZAMARRA.

Mi agradecimiento a C. MARIN por su ayuda en el estudio fotogeológico de la zona, a P. RIVAS, A. PUYET y al conjunto del personal del laboratorio de Mineralogía de la J. E. N. sin cuya ayuda no hubieran sido posibles muchos de los análisis utilizados.

Mis respetos al Excmo. Sr. D. J. M. OTERO DE NAVAS-CUES, presidente de la J. E. N. durante los años en que el autor fue becario del Instituto de Estudios Nucleares y para todos aquellos que, de modo semejante a los responsables de la Sección de Informática de la J. E. N., han hecho posible el trabajo.

Debo hacer mención también de las facilidades otorgadas por los directores de la División de Geología y Minería de la J. E. N. y de los geólogos responsables directos de la investigación geológica "in situ" del yacimiento estudiado, especialmente a D. J. M. PLAZA.

Mi cordial agradecimiento al Profesor Dr. D. J. L. AMOROS que ha tenido la deferencia de aceptar la presentación de este trabajo de Tesis ante la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

Y finalmente, mi mejor recuerdo para mi hermana NATY por la transcripción definitiva de toda la redacción.

RESUMEN

Los logros alcanzados en la última década por la aplicación de procedimientos estadísticos al estudio de las formaciones geológicas, han condicionado una nueva manera de pensar, - en particular a lo que concierne a la prospección metalogénica, por las valiosas conclusiones que se obtienen del análisis de los factores vectoriales constituyentes de la información geológica.

Dentro de las ideas que conforman esta manera de estudiar los procesos geológicos, este trabajo pretende encontrar un - procedimiento de aplicación directa que permita alcanzar la definición de un modelo estadístico-matemático en el que queden reflejadas las relaciones entre las mineralizaciones y las rocas o formaciones encajantes, para que, conocidas las funciones de correlación y regresión, pueda establecerse la probabilidad de nuevas mineralizaciones.

En líneas generales, el procedimiento está basado en el análisis multivariante de los parámetros geoquímicos, petrográficos y mineralógicos de las rocas encajantes y de la mineralización y la búsqueda de una función discriminante para cada tipo de yacimiento, o de la litología que condiciona la mineralización.

Específicamente, el estudio se ha centrado en el yacimiento de uranio conocido como Hoya del Lobo, situado al Sur de D. Benito, Badajoz, en el contacto de los metasedimentos con el - borde sur del plutón granítico de La Haba-Magacela.

La metodología utilizada puede ser esquematizada en los - siguientes puntos:

1) Creación y ensamblaje de programas y subprogramas de or denador electrónico que permitan establecer, mediante la utilización de procedimientos estadísticos, correlaciones entre formaciones geológicas, señalen su interdependencia e indiquen las probabilidades de asociación.

2) Toma de datos sobre el Universo Muestral considerado co mo representativo de la zona en estudio, cuyo muestreo se supone suficiente para la perfecta definición del atributo a explorar a la escala predeterminada.

3) Aplicación sobre los datos obtenidos de los programas, - implementados, estimando las diversas agrupaciones muestrales, los parámetros que permiten definir cada una de las formaciones presentes y los que ejercen influencia sobre la variable en - estudio.

4) Interpretación fenomenológica de los resultados obtenidos.

INDICE

I.1.- Introducción	1
I.2.- Objeto de la Tesis	7
II.- GEOLOGIA GENERAL.	
1.- Situación	11
2.- Antecedentes	13
3.- Caracteres geológicos generales	15
1.- Morfología e hidrogeología	15
2.- Estratigrafía general	18
3.- Evolución histórica	34
4.- Rasgos estructurales	37
5.- Petrología	44
III.- METODOLOGIA GEOLOGICA Y RECOLECCION DE DATOS	
1.- Introducción	52
2.- Datos de Campo	56
1.- Cartografía	56
2.- Muestreo estadístico	57
3.- Datos de laboratorio	58
1.- Preparaciones de roca en lámina delgada	58
2.- Análisis de difractogramas de rayos X.	61
3.- Determinación espectral del color.	65
4.- Análisis espectrografico semicuantitativo	67

5.- Composición en óxidos según datos - cuantométricos	68
6.- Gammametría y contenido en U_3O_8 . . .	69
7.- Determinación de Eh, pH y rH	70
8.- Densidad.	72

IV.- METODOLOGIA ESTADISTICA

1.- Introducción	74
2.- Programación	86
1.- Programa TOPO	86
2.- Programa GETEN	92
3.- Programa GECLUS	100
4.- Programa GECVAR	110
5.- Programa GECYS	112
6.- Programa GETRES	121
7.- Programa GESTAD	129
8.- Programa GELAURA	133
9.- Programa GENATI	136
10.- Programa GECOR	142

V.- TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS

1.- Introducción	147
2.- Análisis geomorfológico.	151
1.- Introducción	151
2.- Proceso de datos	159
3.- Conclusiones	181
3.- Aproximación a la distribución normal de parámetros cuantitativos	182
1.- Introducción	182
2.- Datos de densidad, composición en óxi- dos (cuantometro) y coordenadas de - color.	183
3.- Datos de emisiones γ , contenido en - U_3O_8 y análisis químicos semicuantita- tivos.	199
4.- Conclusiones	216

4.- Estudio estadístico de los difractogramas de rayos X	217
1.- Introducción	217
2.- Identificación de poblaciones muestrales	219
3.- Asociaciones muestrales por identificación mineralógica de picos de difractogramas	234
4.- Conclusiones	241
5.- Estudio estadístico de datos químicos cuantitativos y de las coordenadas de color.	242
1.- Introducción	242
2.- Identificación de poblaciones muestrales	242
3.- Cálculo de identidad/diferenciación entre agrupaciones	253
4.- Cálculos de interdependencias paramétricas	257
5.- Conclusiones.	279
6.- Estudio estadístico de datos químicos semicuantitativos, gammametría y contenido en U_3O_8	281
1.- Introducción	281
2.- Identificación de poblaciones muestrales	282
3.- Correlación entre parámetros	288
4.- Decisión sobre el óptimo de las agrupaciones muestrales	295
5.- Cálculos de relación Uranio/Resto de parámetros	303
6.- Cálculos de interdependencias paramétricas en el Universo muestral	305
7.- Cálculo de identidad/diferenciación entre agrupaciones	315
8.- Cálculos de interdependencias Uranio/Resto de elementos para cada una de las agrupaciones muestrales	334
9.- Estudio de asociación entre muestras incluyendo las medidas de radiaciones Gamma	337
10.- Conclusiones	348

7.- Determinación de la relación Uranio-am- biente físico-químico. Estudio de los - parámetros U_3O_8 , pH, Eh, rH.	352
1.- Introducción.	352
2.- Identificación de agrupaciones mues- trales	353
3.- Cálculos de interdependencias paramé- tricas	354
4.- Cálculo de identidad/diferenciación entre agrupaciones	369
5.- Conclusiones	375
8.- Análisis de los datos de estudio de lám- inas delgadas	379
1.- Introducción	379
2.- Composición mineralógica de las dife- rentes agrupaciones muestrales según el cálculo estadístico	382
3.- Probabilidad de semejanza entre agru- paciones muestrales y caracterización de minerales significativos	396
4.- Conclusiones	398
VI.- GEOLOGIA DEL YACIMIENTO	
1.- Introducción	401
2.- Morfología externa y estructura interna. .	401
3.- Cartografía	405
4.- Rasgos estructurales	407
5.- Litología	410
6.- Estratigrafía litológica	414
7.- Petrología-Mineralogía.	429
1.- Roca caja	429
2.- Mineralización uranífera	443
8.- Hipótesis genéticas.	444
1.- Introducción	444
2.- Evolución histórica	445
VII.- CONCLUSIONES	
1.- Estadístico-geológicas generales	475
2.- Hipótesis genéticas.	480
VIII.- BIBLIOGRAFIA	492
IX.- APENDICES Y TABLAS	506

I. INTRODUCCION Y OBJETO.

I.1. INTRODUCCION

En el volumen 1, nº 6, de la revista Geotimes, publicada por el American Geological Institute de Washington, D.C., en Diciembre de 1.956, aparece un artículo de Preston E. Cloud con el título "Is geology a Science?", en el que especula con la idea de que la Geología presenta la duda de si puede ser considerada como verdadera Ciencia en cuanto que el método científico estipula que una vez formulada una proposición, ésta debe ponerse a prueba mediante la experimentación. Y todos conocemos la enorme dificultad que entraña la explicación científica, en sentido estricto, de los fenómenos geológicos.

Efectivamente, la experimentación en las Ciencias Geológicas es, en la mayoría de los casos, una entelequia inalcanzable, frecuentemente debido a la escala en que se trabaja, en otras ocasiones por la imposibilidad de lograr en un laboratorio las condiciones que regulan los fenómenos naturales, y las más de las veces por la influencia del parámetro tiempo. De aquí la consideración de la Geología como ciencia empírica. Pero no es menos cierto que de la observación de fenómenos análogos repetidos reiteradas veces, de la extrapolación de aspectos fenomenológicos actuales, del estudio, en fin, de los efectos resultantes de la incidencia en un lugar definido de unos determinados aunque quizás desconocidos parámetros, e interpretado todo ello bajo el principio del actualismo, se pueden inferir normas y reglas que nos permitan mantener un discurso sobre el Universo mineral, a la vez que todo ello pasará a constituir, básicamente, una experimentación.

Las enormes cantidades de datos necesarios para determinar la historia de un fenómeno cualquiera ha frenado en cierto modo el desarrollo de la Geología, ya que hasta hoy era - prácticamente imposible introducir de forma coherente técnicas que, procedentes de otras disciplinas científicas, son aptas - para el tratamiento de gran cantidad de variables y que sin duda son aplicables a fenómenos geológicos. Con la posibilidad - de hacer uso de estas técnicas y con la ayuda del ordenador, - las interpretaciones geológicas, en su mayor parte subjetivas, dejan paso a unos procedimientos objetivos que permiten que personas diferentes puedan obtener los mismos resultados cuando - se utilizan los mismos procedimientos e idénticos datos.

Será la informática geológica la que obligue al geólogo a situarse en un plano de gran objetividad. Estremece pensar en el hecho, por otra parte muy frecuente, de que sobre - los informes puramente subjetivos emitidos por varios geólogos sobre un mismo problema, en ocasiones imprecisos e incluso a - veces inexactos y contradictorios, han de trabajar otros geólogos y extraer nuevas conclusiones.

La gran capacidad operativa de los ordenadores y la - diversidad que admiten en la codificación de los datos para su tratamiento, han impulsado enormemente la actual tendencia de "matematizar", para su posterior análisis, medios que incluso - corresponden al más puro subjetivismo. Por otra parte, los métodos estadísticos nos permiten trabajar con gran número de datos condensados en unas pocas propiedades que definen perfectamente el conjunto.

Esta será la mayor y mejor aportación de la unión de la Estadística con el ordenador. La primera nos permite simplificar y deducir las más importantes cualidades de un gran conjunto de observaciones y la segunda nos ayuda a tratar reiteradas veces y con gran rapidez unos mismos datos desde muy variados puntos de vista.

Sin embargo, hemos de hacer notar que aún cuando evidentemente el ordenador disminuirá el tiempo necesario para el trabajo mecánico de los datos y el desarrollo de los sucesivos pasos necesarios para el estudio de una determinada hipótesis, en ningún momento debe pensarse que la utilización - de estas técnicas reduzcan al geólogo a una especie de autómata. El pensamiento geológico necesita datos, en ocasiones, de difícil aprehensión y que nos atrevemos a decir son imposibles de codificar, de modo que el geólogo siempre será insustituible en el planteamiento del problema, en la definición y reunión de los datos, y sobretodo en el análisis crítico de los resultados obtenidos e interpretación definitiva.

No hay que olvidar que, tal como dice Preston E. Cloud, "la más humilde de entre las observaciones o experimentos, - si se lleva a cabo y se describe en forma tal que sea susceptible de repetición, y si es nueva o de importancia en la comprobación de lo que se creyó previamente sabido, es una contribución a la Ciencia.

Tengamos presente en la mente que la Geología gana prestigio y madurez con cada movimiento que facilite la recuperabilidad de sus observaciones, incremente la cuantificación - significativa de sus conclusiones, promueva un examen más riguroso de los corolarios comprobables o adelante en el aprovechamiento de los dominios contiguos de la Ciencia".

Atendiendo al tema del que pretendemos trate el presente trabajo, esto es, el establecimiento de modelos estadístico-matemáticos para extraer de ellos todas las posibles consecuencias que puedan trasladarse de forma inmediata al yacimiento (o a cualquier otro fenómeno geológico) que se intenta - representar, se puede objetar que no se aportará nada nuevo, ya que, de hecho, siempre se han utilizado fórmulas tales como ley, cubicación, valoración. etc., y que para el tratamiento del resto de variables sería preciso un estudio sistemático - de muestras, con lo que prácticamente no se habría hecho otra

cosa que investigar el yacimiento según los procedimientos clásicos.

Efectivamente, para un primero y último estudio, posiblemente habría en lo anterior bastante a su favor y quizás los resultados aislados perdieran importancia. Sin embargo, - dejando aparte la consideración de que cada vez se avanza más en los tratamientos matemáticos de variables geológicas y que día en día son más utilizados, destacaremos aquí algunos de - los aspectos que consideramos favorables:

1.- El procedimiento físico-matemático, o si - se prefiere, la traducción a fórmulas físico-matemáticas de - los fenómenos geológicos, eliminan en gran parte los ineludibles sesgos propios de los tratamientos subjetivos, sin permi - tir otros que los inducidos por la propia Naturaleza o aque- - llos que puedan derivarse de la consideración de la función - de error inherente a los estudios estadísticos, error éste - último que puede conocerse en todo momento.

Los resultados estadísticos, acotando la - función de error dentro de los límites permisibles, son siem- - pre más fiables que los puramente subjetivos, y en todo caso, siempre es posible obtener una función de probabilidad. Para- - fraseando el Abbé de Prades, podemos decir que "lo cierto es que el testimonio de los testigos dice más sobre los testigos que sobre los hechos, y que su valor debe estimarse observan- - do el conflicto entre los intereses humanos con un criterio - muy amplio".

2.- De la multitud de parámetros que se pueden estudiar para definir una roca, es posible eliminar, median- - te el estudio comparado de unas pocas muestras iniciales, - aquellos que sean menos significativos, pudiendo escoger, re- - servir y analizar en adelante, sólo aquellos que resulten óptimos para el contraste y efectividad de definición, a la - vez que se pueden elegir los de menor coste de adquisición.

3.- Dentro de un campo más o menos estricto, - dependiendo del tipo de problema que se esté estudiando, es de gran valor el hecho de poderse extrapolar e interpolar las técnicas, estudios e hipótesis, de unas zonas a otras, ya que la información final puede estimarse de muy diversas formas y desde variados puntos de vista, todas ellas de manera concreta y sin embargo sin perder amplitud.

4.- No podemos olvidar la importancia que de - día en día va alcanzando el análisis de muchos fenómenos mediante su representación en forma de modelos matemáticos computarizables, con los que es posible estudiar el comportamiento y evolución del fenómeno según la variabilidad de los parámetros que se supone intervienen en su constitución, y aún aventurar hipótesis sobre su futuro desarrollo.

Finalmente y como buena ayuda, tomaré prestadas las palabras de Barrowe Dunhan:... afirmación de Locke, de que "Si veo yo mismo a un hombre que camina sobre el hielo, esto es más que probabilidad, es conocimiento". A lo que quizás hubiera contestado Spinoza: "Bien, ¿y que es esto?. Es un conocimiento más - digno de crédito saber que el hielo de un determinado espesor es capaz de soportar cierto peso". Estaríase más allá de la - etapa en la que no se vé el bosque por culpa de los árboles, o los árboles por culpa del bosque, sino que sería ver los árboles "en" el bosque, como sistema claramente articulado.

I.2. OBJETO DE LA TESIS

Incluido en el programa de prospección sistemática de granitos con que la J.E.N. inició la búsqueda de los primeros yacimientos de uranio en España, se encontraba el batolito de Los Pedroches, un apéndice del cual se adentra en la provincia de Badajoz. Fué en este programa y en la posterior prospección de las áreas de metamorfismo que bordean a los plutones cuando, en 1.964, se localizaron índices de posible existencia de minerales radiactivos en la zona de Don Benito, más concretamente, en la zona Sur del batolito granítico de La Haba-Magacela y - en la aureola de metasedimentos.

A partir de 1.966, localizadas con una prospección - más minuciosa las zonas más favorables, se iniciaron labores - de investigación en la llamada "Cantera del Lobo" ampliándose a partir de 1.969 hacia el Oeste con más labores que inclufan aspectos mineros (pozos de María Lozano y El Pedregal), a la vez que, una vez calculadas las reservas de las zonas orientales y vista su rentabilidad, se decidía la explotación minera.

La zona, tras largos estudios, quedó delimitada dentro de una figura que podemos asimilar a un rectángulo, de 300-500 m. de ancho por 8-10 Kms. de largo, con su dimensión mayor paralela al contacto granitos de La Haba-metasedimentos, - y comprende los distritos denominados: Zona Este, con los enclaves nº 29, 29 A, 16, 16 A y 16 B, todas ellas ubicadas en las llamadas Mesas de Poyato; Zona Central, con El Lobo, Zona 11 - y María Lozano, y Zona Oeste, con Intermedia, El Pedregal y Prolongación.

Realizadas las normales labores de investigación tales como radiometría superficial, calicatas, sondeos wagon-drill y de corona e incluso labores mineras de investigación, se observó la irregularidad del yacimiento y la complicación litológica que presenta la roca de caja, por lo que se pensó en ampliar los estudios allí donde fuese necesario para determinar la génesis del yacimiento, la posibilidad de existencia de mineral en materiales no aflorantes y la extrapolación de resultados a zonas de características litológicas y estructurales semejantes.

Por estas fechas, en el Laboratorio de Mineralogía de la J.E.N. se formó un grupo, bajo la dirección de D. ENRIQUE MINGARRO y del cual formaba parte el autor de este trabajo, - que intentaba demostrar la utilidad de la estadística matemática aplicada a los fenómenos geológicos, haciendo uso de la capacidad que poseen las modernas computadoras.

Y el presente trabajo es parte del resultado obtenido por dicho grupo.

En él se pretende exponer y justificar la utilidad de los métodos estadísticos en los estudios geológicos, aplicados al caso concreto de los yacimientos de uranio próximos a Don Benito (Badajoz) presentando procedimientos informáticos de inmediata aplicación a cualquier fenomenología geológica, con la posibilidad real (y de hecho ya contrastada) de ser utilizada en otras localidades en las que puedan extrapolarse técnicas y resultados.

Ya en 1.623 Galileo afirmaba que "la Naturaleza está escrita en lenguaje matemático", expresión que contiene la idea de que la Naturaleza debe ser entendida como un conjunto ordenado de fenómenos cuantitativos. Este será, en un campo muy limitado, el objeto de este trabajo:

Determinar variables geológicas, físicas y químicas para que, analizadas mediante la Estadística en su aspecto de "Ciencia que tiene por objeto clasificar y contar los hechos de un mismo orden", permitan establecer resultados fiables en los que el subjetivismo tenga la menor incidencia posible y deducir, - siempre que sea posible, generalidades geológicas que cumplan dentro de unos límites lo mas estrictos como nos sea permisible la IV Regla de Descartes: Universales, comprehensivos y completos.

II. GEOLOGIA GENERAL.

II.1. SITUACION

La zona en estudio se ubica en la parte noroccidental de la hoja 805 (Castuera) del mapa topográfico nacional escala 1:50.000, entre las coordenadas 38° 43' - 38° 50' N. y 2° 05' - 2° 07' O., según una banda de rumbo aproximada de 70 - 80° O., con una anchura de unos 300 - 500 m. y una longitud de 8 - 10 Kms.

Conocido genéricamente con el nombre de "Yacimiento de El Lobo", comprende los parajes Mesas de Poyatos, El Lobo, María Lozano de Vargas, Zona Intermedia, Pedregal y Prolongación. Todas ellas se sitúan en la amplia comarca del Valle de la Serena, en el borde Sur del Plutón granodiorítico de La Haba; en gran parte se alojan en la aureola de metamorfismo de contacto quistolítico, pero existen mineralizaciones que aparecen encajadas fuera del área de influencia de dicho contacto.

Toda la zona pertenece a la cuenca del Guadiana y el colector general que bordea la banda mineralizada es el río Ortega, en el que vierten los arroyos de las Moruchas, Vinagre, de las Pollinas, de los Pilonos, del Madroñal y de Valperdido, que en sentido general N-S., atrabiesan la zona.

Puesto que pretendemos establecer inicialmente las condiciones generales, estudiaremos en toda esta parte II, GEOLOGIA GENERAL, el amplio contexto de las hojas de D. Benito (778), Villanueva de la Serena (779), Oliva de Mérida (804) y Castuera (805), dentro de unas condiciones geológicas amplias, las que

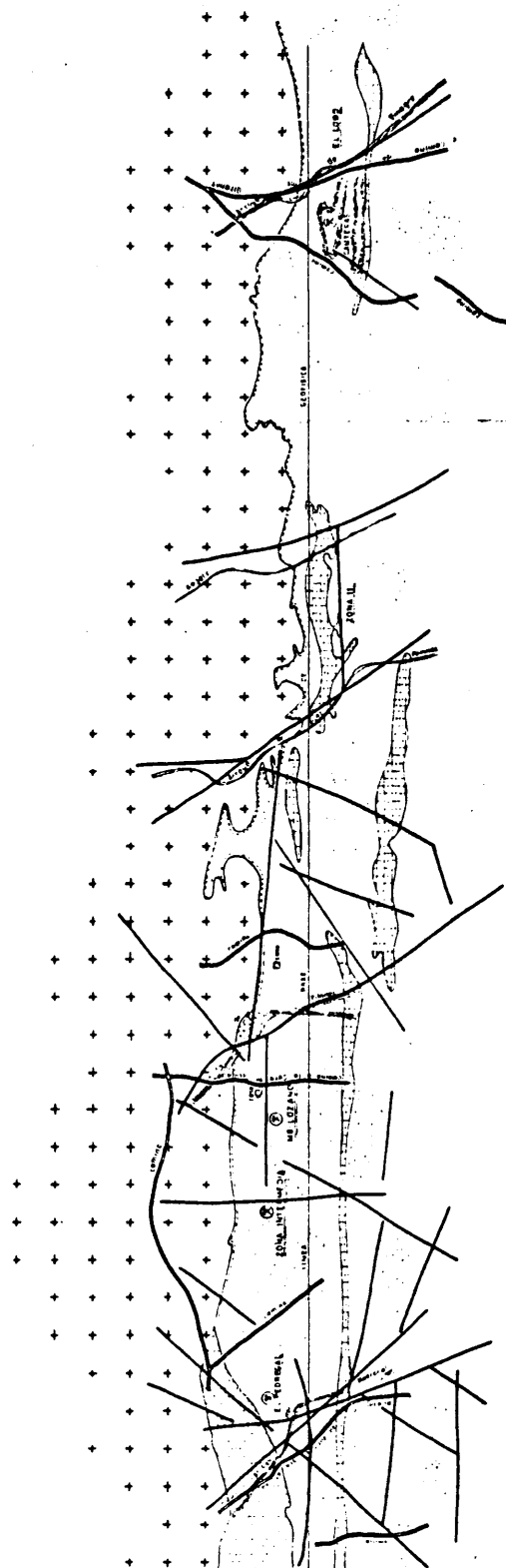


Figura 103 - ESQUEMA GERAL DO LOGO E ESTRUTURA

0604-1 97VJ8B

DATE _____
MC SBTAIN _____
SERIALIZED _____
SA. JUVEN _____
CUBERO _____

corresponden de modo uniforme a toda Extremadura y se amplían a provincias limítrofes como Ciudad Real y Córdoba. Será en - la parte VI. GEOLOGIA del YACIMIENTO donde se limitará el estu dio a las zonas mineralizadas, ampliando y detallando hasta los límites que nos sea posible.

II.2. ANTECEDENTES

La compleja provincia petrográfica constituida por el Centro - S.O. de la Península Ibérica ha sido objeto de muchísimos estudios, siendo la riqueza mineralógica, la intensa - búsqueda de yacimientos beneficiables, muy abundantes en toda la región, el motivo fundamental de estos estudios. No podemos olvidar que, aunque alejado en distancia pero no demasiado en cuanto a litología e historia geológica, tenemos el yacimiento de mercurio de Almadén, del que se tienen noticias escritas desde el año 1.239, en la "Crónica del Moro Rasis: sobre Almadén", y que no ha cesado de estudiarse hasta nuestros días, tanto por su importancia como anomalía geológica, como por su valor económico.

Asimismo está próximo el batolito de Los Pedroches, - rico en mineralizaciones y por lo tanto también muy estudiado.

Sin embargo, la zona inmediata al yacimiento de uranio no aparece más que como perteneciente a conjuntos de estudio más amplios, siendo de destacar las aportaciones al conocimiento de Extremadura debidos a los señores EDUARDO y FRANCISCO - HERNANDEZ PACHECO e I. ROSO DE LUNA.

Modernamente, la prospección de yacimientos de wolfram y estaño ha desarrollado la investigación de las zonas próximas y últimamente la búsqueda de nuevas formas de energía ha incidido en el estudio concreto del yacimiento de uranio, realizado en principio por D. ENRIQUE RAMIREZ Y RAMIREZ y en investigación directa en el campo por D. J.M. PLAZA HERNANDO y en general por todo el equipo de Investigación Geológica de la J.E.N.

Igualmente, hay que destacar las aportaciones al esclarecimiento de la complicada estratigrafía extremeña realizada por autores como P. HERRANZ ARAUJO, R. VEGAS, E. BOUYX, R. MAAS, M. RANSWEILLER, BARD, M. GUTIERREZ ELORZA, etc.,

En el capítulo BIBLIOGRAFIA se especifican los volúmenes, artículos y notas en que hemos podido consultar caracteres generales de la zona, ampliados o corregidos, donde se han considerado necesario, por muestras propias experiencias.

II.3. CARACTERES GEOLOGICOS GENERALES

II.3.1. MORFOLOGIA E HIDROLOGIA

La morfología de la región próxima al yacimiento se corresponde con el contexto general de toda Extremadura. Sobre una penillanura de arrasamiento general que afecta tanto a materiales metasedimentarios como a las intrusiones graníticas, emergen sierras alargadas coronadas por bancos de cuarcitas, y rodeadas por una aureola de derrubios de ladera.

Los rios secundarios, a veces encajados por un rejuvenecimiento ocasionado por el levantamiento y basculamiento de toda la región, tienen su curso condicionado por la litología y los accidentes tectónicos, desembocando en el gran colector que es el Guadiana; éste, a su vez, discurre por un caudal divagante y poco evolucionado implantado sobre una amplia llanura constituida por materiales detríticos que forman parte de las antiguas rañas y rañizos o derrubios y aluviones más recientes.

En las cuatro hojas anteriormente mencionadas tenemos representados perfectamente los tres conjuntos principales de la morfología de Extremadura. En las 778 y 779 que constituyen la parte N., se localiza un paisaje poco accidentado ya que en gran parte quedan ocupadas por el Valle del Guadiana o zonas próximas. En las 804 y 805 aparece mayor número de sierras, separadas por la amplia penillanura.

En la zona N., que ya hemos dicho constituyen la parte llana, los únicos accidentes son sierras aisladas como las de Yelves, Ortiga y Magacela, con una misma orientación, distinta a las de las sierras de Troya y Enfrente, situadas al -

N. de la hoja 778, pero que según F. HERNANDEZ PACHECO corresponden todas ellas a un mismo ciclo y a un mismo esfuerzo, no siendo difícil el establecer una correspondencia entre todas ellas y en la que quedaría incluido el cerro testigo del castillo de Medellín; la diferente orientación se debe exclusivamente a desgarres, desenganches y giros provocados por esfuerzos tectónicos posteriores a los que originaron su levantamiento.

En las hojas 804 y 805, correspondientes a la zona Sur, el relieve es accidentado por ser las sierras mucho más frecuentes, y entre éstas distinguimos: Peñas Blancas, al S.O. de Oliva de Mérida y las de la Oliva, del Conde y de la Garza, al S. En el centro aproximado de esta misma hoja se encuentran las de Aulagarón, Mesas del Pandero y Forcallos, que forman - como un codo, debido probablemente a accidentes semejantes a los mencionados anteriormente.

Al E., la zona es muy accidentada, con las máximas cotas en la Sierra de la Utrera, situándose al NE. de ésta la Sierra de la Gangosa y al O. el Cerro de la Víbora. Algo más al N, aparecen cerros testigos, más o menos aislados, tales - como La Bóveda, Los Paredones y Canta Gallo.

Al E. del río Guadamez se presenta la Sierra de la Lapa, observable al S. del yacimiento.

En la hoja 805 encontramos al NW. la Sierra de los Vuelos y Puerto de la Cabra y un poco más al E., la sierra - del Recovo con alturas de hasta 650 m.

En la zona centro-oeste de esta hoja, y de N. a S., se encuentran la Sierra del Amorao, con orientación N.O.-S.E. como la mayoría de todas las aquí nombradas, y la de la Agalla.

Al S.E. de la hoja aparece la Sierra de Castuera.

Todas estas sierras, como ya se ha dicho repetidas veces, parecen emerger sobre la penillanura general modelada sobre todo tipo de litologías por los sucesivos ciclos erosivos, y que ocupa todos los espacios que no forman parte de las sierras. Esta penillanura, sensiblemente horizontal, sólo está interrumpida por vallonadas rellenas de derrubios por las que discurren raquíuticos arroyos y ríos secundarios que terminan en el colector general que es el Guadiana.

Este río, que recoge las aguas entre la Sierra Morena y los Montes de Toledo, marca el nivel de base del sistema hidrográfico de la región. Aparece fundamentalmente en la hoja 778, aunque su llanura también ocupa parte de la hoja 779.

Los afluentes principales son, por la orilla derecha, el Búrdalo, que se sitúa al N.O. de la hoja 778, drenando en sentido N.E. - S.E. Por la orilla izquierda aparecen: El Guadamez, que con sentido S. - N. cruza el vértice S.O. de la hoja 805 y N.E. de la 804 para alcanzar el Guadiana por el centro de la 778. El Ortega, interesante para nosotros por ser el colector de los arroyos que drenan la zona mineralizada, cruza la hoja 805 por su parte central y en sentido S. - N. y la 779 por el vértice S.O. con rumbo N. - 110° E., que cambia a N. - 130. E., en el vértice N.E. de la hoja 778 hasta su confluencia con el Guadiana. El Zújar se localiza en el extremo N.E. de la hoja 779 y vierte al Guadiana con rumbo N. - 132° E.

II.3.2. ESTRATIGRAFIA GENERAL

El avanzado metamorfismo regional o de contacto, las interrupciones debidas a intrusiones plutónicas, la falta de restos fósiles y el intenso diastrofismo que afectan a la región extremeña, son los hechos concretos que dificultan el conocimiento de las series estratigráficas que la integran. Si a ello añadimos el enorme hiato que desde el Devónico y en algunas zonas desde el Silúrico, alcanza hasta los tiempos terciarios, comprenderemos la necesidad de acudir a correlaciones litológicas con regiones más o menos próximas y la imprecisión con que frecuentemente suelen señalarse las dataciones.

Nos parece oportuno reseñar aquí la estratigrafía - de toda la región extremeña, dejando para más tarde, en la - parte de este trabajo que analiza específicamente las condiciones del yacimiento, la posible localización de los sedimentos que constituyen la roca de caja dentro del contexto de la estratigrafía general.

PRECAMBRIOO - CAMBRICO

Las causas anteriormente citadas hacen muy difícil - establecer diferenciaciones estratigráficas en estos períodos, de tal modo que los diversos autores que han estudiado la zona no se ponen de acuerdo; así, mientras hay algunos que dan -

gran importancia al Precámbrico e Infracámbrico, otros, como E. HERNANDEZ PACHECO, consideran como pertenecientes al Cámbrico Superior a la mayoría de las series que aparecen en la región.

En general, la datación se hace atendiendo a extrapolaciones litológicas, considerándose como precámbricas-cámbricas todas las series que aparecen por debajo de los potentes bancos de cuarcitas armoricanas. Es por ésto, por lo que muchos autores se limitan en sus estudios a denominar "anteordovícicos" a estos sédimentos.

Modernos autores como MAAS, BOUYX, RAMIREZ, GUTIERREZ, ELORZA, VEGAS, HERRANZ, ARAUJO, etc., han aportado más claridad al problema, pero constantemente aparecen nuevas aportaciones que hacen necesarias correcciones en amplias áreas.

Como Precámbrico o Infracámbrico se han considerado dos series bien diferenciadas tanto litológica como tectónica mente: Una inferior, formada por un potente conjunto de areniscas grauváquicas, grauvacas y micrograuvacas, esquistos arcillosos y pizarras bandeadas, con intercalaciones de cuarcita y ftanita, y otra serie superior, que aparece discordante sobre la anterior en la penillanura pizarrosa conocida como "La Siberia".

Bouyx aporta un corte típico, dado en la carretera - de Valdemanco a Puerto del Rayo, en la ribera de Riofrío, que supone representativa del Precámbrico Inferior y etapas de - transición al Cámbrico, que, de muro a techo, está compuesto de:

- 1.- 25-30 m. Serie transgresiva en cuya base aparecen microconglomerados de ftanitas, esquistos, cuarcos y grauvacas de grano fino (0,2-0,5 cms.), con estratificaciones oblicuas. Hacia arriba pasan a grauvacas gruesas y después grauvacas en bancos, más finas, que llegan a ser del tipo limolita, - acintadas. En general, rocas similares a subgrauvacas.

- 2.- 450 m. Grauvacas alternando con esquistos y grauvacas bandeadas. Hacia el techo, intercalaciones de esquistos con cantos (0,5-2 cms.), y en la base, diabasas interestratificadas.
- 3.- 1065 m. Grauvacas bandeadas, esquistos blandos y finas alternancias en "facies Alcudia", alternando con conglomerados en capas de espesor variable. Hacia el centro, tobas y vulcanitas finas y bancos de arenisca mineralizada con piritas. Presentan numerosas marcas de corrientes subacuáticas y frecuentes cambios laterales de facies.

Techo: Base de la cuarcita armoricana.

Parece seguro que el Cámbrico, como tal, no presenta continuidad debido a la discordancia erosiva sobre la que se asienta la cuarcita armoricana. Se consideran cámbricas las típicas calizas tableadas, marmóreas, gris azuladas, las margas arenosas y las pizarras intercaladas que en conjunto alcanzan espesores de 70-400 m. y sobre las que se sitúan conglomerados de 25-250 m. de potencia. Sobre los conglomerados aparece un banco de cuarcitas, base de una alternancia de areniscas y pizarras (450 m.).

La potencia total de los sedimentos anteordovícicos alcanza, en algunos lugares, hasta los 4.000 m.

E. RAMIREZ (1.971) no distingue entre Precámbrico, - Infracámbrico y Cámbrico, y señala que las series son fundamentalmente detríticas, alternando con otras pelíticas, especialmente en las zonas de borde y relativamente cerca de los niveles de cuarcitas del Arenigiense. El conjunto está formado por la alternancia de paquetes de areniscas de grano fino, grises, micáceas, o bien grauvacas, que alternan con otros paquetes de pizarras gris-verdosas, arcillosas, de tonos no muy oscuros, con potencias en cada paquete de 10-12 m. Estos paquetes a su vez, alternan con cuarcitas marrones, oscuras, con hematizacion

nes e impregnaciones de limonita, o pizarras verdosas oscuras, con potencias de hasta 60 m. La serie pelítica superior es de tonos verdes oscuros y su potencia estimada es mayor de 2.000 m.

En algunos puntos son observables facies flyxoides, y en los contactos con el granito aparecen pizarras mosqueadas - micáceas, y cornubianitas.

Este mismo autor señala, entre las series anteriores y los sedimentos ordovícicos, la existencia de un nivel de - unos 20 m. de conglomerado brechoide, localizado cerca del cruce del ferrocarril Madrid - Badajoz con el río Guadalefa, compuesto de clastos de material silicificado en los que parecen conservarse restos de texturas celulares y son frecuentes los pigmentos carbonosos. Los clastos están unidos por una matriz principal, constituida por arenas cuarzosas, no totalmente recristalizadas, y otra matriz secundaria formada por sericita, clorita y jaspe.

La presencia de este conglomerado presupone la existencía de una discordancia entre las series cámbricas y el conjunto inferior del Ordovicense, y nos señalaría un estudio de actividad tectónica, que algunos autores hacen corresponder con la fase Ibérica, mientras que otros la niegan, o al menos la ponen en duda.

ORDOVICICO

Ampliamente representado, corresponde a un período - transgresivo con sedimentación de materiales detríticos. Presenta grandes variaciones en cuanto a la conservación de restos fosilíferos, pues mientras en algunas zonas son francamente abundantes en los niveles lutíticos y aparecen pistas bien conservadas en los paquetes cuarcíticos, en otras faltan totalmente y la datación debe hacerse por analogías litológicas.

SKIDDAVIENSE - ARENIG

Apoyadas de forma discordante a través de un microconglomerado o de un conglomerado de cantos de cuarcitas sobre - el Cámbrico, o, donde éste falta, sobre el Infracámbrico, aparecen gruesos bancos de cuarcitas masivas, con potencias de - 200-250 m., de colores grises, a veces blancuzcas o rojizas, que corresponden a las cuarcitas armoricanas. Intercalados con los bancos de cuarcitas aparecen pizarras arenosas de colores amarillentos.

En la región más próxima al yacimiento (Sª de la Ortiga, de La Lapa, etc.,) la potencia del Arenig aumenta, a la vez que se hace más rítmico; los bancos de cuarcitas tienen - menores potencias y las intercalaciones de pizarras amarillentas o rojizas, a veces muy arenosas, son muy frecuentes. En - el techo de la formación aparecen algunos niveles de pizarras oscuras. En estas zonas, el microconglomerado que sirve de - unión al Cámbrico y al Ordovícico no aparece o es de muy pequeña potencia, y así, en Cabeza Redonda, final supuesto del

yacimiento de uranio, hemos observado este microconglomerado, con espesores de 10-30 cms. como máximo, desapareciendo en zonas próximas.

Bouyx, en las zonas más orientales de la región, ha establecido una "sucesión tipo" de las cuarcitas armoricanas, que estaría formada por:

- 1.- 38 m. "Serie detrítica de base", formada por conglomerados de elementos gruesos (hasta 30 cms.), discontinuos, con cantos numerosos y bien redondeados, de cuarzo, cuarcita y arenisca, sobre el cual aparecen areniscas gruesas o microconglomerados, a veces areniscas con cantos, con frecuentes estratificaciones oblicuas.
- 2-3.- 30-80 m. "Nivel rojo". Esquistos arenosos rojo-violáceos, alternando en el techo con areniscas. Este nivel es comparable con otros semejantes citados en el macizo armoricano, que por su fauna se han referido al Tremadoc.
- 4.- 300-400 m. "Areniscas inferiores", en bancos de espesor medio, con niveles de cantos, dada típica morfología en escalera.
- 5.- 40-50 m. "Nivel con grandes pistas bilobadas". Areniscas en bancos finos, a veces bandeadas o con estratificación oblicua, alternando con esquistos arenosos muy duros, lenticulares y con finas intercalaciones de esquistos blandos y areniscas micáceas en plaquetas. Con grandes pistas de Crucianas y numerosos Tigillites.
- 6.- 250-300 m. "Areniscas superiores", fuertemente silicificadas; con estructuras en mosaico y aspecto sacarideo, blancas, en bancos de hasta más de 4 m. de potencia, con simples juntas de estratificación, sin intercalaciones esquistosas.
- 7-8-9.- 150-175 m. "Zona de transición" a las pizarras de Calymene. Alternancias de esquistos, areniscas y cuarcitas con pequeñas pistas bilobadas, que pasan a esquistos y areniscas micáceas (125 m.),

con una última zona de cuarcitas (15 m.) y en el techo, areniscas micáceas en paquetes (40 m.) con pistas de muy pequeñas tallas.

Techo: Pizarras con Didymograptus.

LLANVIRNIENSE. LLANDEILO

Litológicamente, la serie está constituida por un conjunto muy heterogéneo, con grandes cambios laterales de facies. Consta de una base formada por arenisca que evolucionan hacia pizarras arcillosas, blanquecinas, abigarradas o amarillentas, entre las que se intercalan niveles de cuarcitas. El conjunto está generalmente muy alterado y es frecuente la presencia de filones de cuarzo y a veces filoncillos o venas de oligisto, hematíes o limonita, que también aparecen como relleno de las diaclasas.

Aunque en las zonas occidentales casi no aparecen restos paleontológicos, hacia el E. son mucho más frecuentes y aparecen niveles con abundantes graptolites, algún Dalmanites y Synhomalonotus Tristani. R. Maas, basándose en los datos fosilíferos encontrados en Cabeza de Buey establece dos series para el Llandeilo: una inferior, arcillosa, y otra superior, arenosa, con una potencia total de 500 m.

M. Ransweiler, en 1.967, indica la siguiente serie entre Fuenlabrada y Herrera del Duque, para las llamadas "pizarras de Synhomalonotus":

Base: Areniscas del techo del Arenig.

1.- 300 m. "Serie pelítica inferior". Pizarras arcillosas, oscuras.

2.- 465 m. "Serie de transición", que incluye:

- 2A) 160 m. Areniscas lajosas micáceas, areniscas pizarrosas, pizarras arenosas y cuarcíticas, y areniscas.
- 2B) 180 m. Pizarras arcillosas, arenosas, micáceas, con bancos de areniscas y pizarra arenosa.
- 2C) 85 m. Areniscas y pizarras arenosas, micáceas, con intercalaciones de pizarras arcillosas.
- 2D) 30 m. Pizarras arenosas.

Techo: "Serie psamítica media" del Caradoc

CARADOC

Sobre los niveles datados como Llandeilo aparece una serie más detrítica que la anterior, que por su posición es considerada como Caradoc. Comienza con cuarcitas negras, en bancos irregulares, de potencias no superiores a 20-40 m., acompañadas de areniscas y pizarras arenosas que dan facies flyxoides, muy hematizadas, que por alteración toman aspectos abigarrados.

La potencia máxima dada al conjunto de sedimentos del Caradoc no sobrepasa, en ningún caso, los 150-200 m.

ASGHILL - SILURICO INFERIOR

También la datación de estas series se hace por la po

sición que ocupan, y aunque su carácter detrítico nos indica - la inestabilidad de la cuenca, no aparecen discordancias, basándose el supuesto paso del Caradoc al Asghill en las variaciones de los caracteres litológicos.

Se caracteriza el supuesto Ashgill por la presencia - de series pelíticas que persisten hasta la discordancia indicadora del comienzo del Devónico. Es la serie que aparece en la zona que ocupan los yacimientos uraníferos, a lo largo de los parajes Mesa de Poyatos, El Lobo, Maria Lozano, Pedregal, etc.

El nivel de base está constituido por bancos de cuarcitas que aparecen en toda la zona, aunque de modo discontinuo; son grises, masivas, acompañadas de areniscas y pizarras arenosas y parecen corresponderse con las que en Almadén se conocen como "Cuarcitas de Canteras", con potencias de 30-60 m.

Apoyadas sobre las cuarcitas aparece la serie pelítica de las pizarras que con una potencia total de 400-500 m. - se caracterizan por la continua alternancia de pizarras arenosas, grafitosas, alteradas, pequeños bancos de cuarcitas (4-8 m.), pizarras hematizadas y limoníticas, pizarras muy amipelíticas satinadas y pizarras grises; cada uno de estos paquetes aparecen con potencias muy variables y son muy frecuentes los cambios laterales de facies.

La composición de estas pizarras corresponde a rocas - formadas en ambiente tranquilo, con las rocas madre no muy - alejadas de la cuenca de deposición, y serán estudiadas con - detalle en el capítulo de Petrología específico de este trabajo.

DEVONICO

Actualmente está en discusión, no su presencia, pues es clara, sino su amplitud; los más recientes estudios parecen indicar que muchas de las zonas datadas como pertenecientes a otros períodos, fundamentalmente al Silúrico, son realmente - devónicas.

La potencia del Devónico que hoy se considera como - tal es muy variable, por cuanto que su localización es muy - irregular al haber desaparecido (o nó haberse depositado) en la gran laguna estratigráfica que alcanza hasta nuestros días. Autores como Maas y Ramirez señalan potencias de hasta 2.000 m.

Claramente definido en las zonas en que aparecen las típicas calizas, es más difícil de diferenciar donde está constituido por pizarras. Posiblemente transgresivo sobre el Silúrico, la facies es en general detrítica, a excepción de los - lenticiones calcáreos, no siendo raras las intercalaciones de vulcanitas y tuffitas.

Roso de Luna y Hernandez Pacheco distinguen dos tipos de materiales calizos: uno, de origen travertínico, que forma lajas o nódulos de pequeño tamaño, y lo consideran resultado - de la alteración de rocas preexistentes y fenómenos posteriores de capilaridad y evaporación; forman parte de las grandes extensiones de las llamadas "tierra de barro". El otro tipo - de calizas aparece intercalado entre las pizarras en forma de hiladas o lenticiones, y las suponen, sin duda erróneamente, - como pertenecientes al Silútico Superior. Maas, en las calizas existentes en Belalcazar y Monterrubio, encontró fauna que - parece definir al Cobleciense y al Eifeliense inferior, estableciendo la siguiente serie, de muro a techo:

- 1.- 1.500-2.00 m. Pizarras hojosas, suaves, gris-verdes, con brillo sedoso, pasando en el techo a pizarras arenosas.
- 2.- Areniscas muy puras, cuarcíticas.
- 3.- Pizarras con pocas intercalaciones de areniscas.
- 4.- Calizas y margas con fauna del Emsiense Superior.

Herranz Araujo, en su estudio de la Hoja 1:50.000 de Oliva de Mérida y a partir de los escasos afloramientos existentes, aporta la siguiente serie:

- 1) 100-150 m. Tramo muy variable. En unos puntos, - areniscas ferruginosas, bajo las que aparece una serie alternante de cuarcitas, areniscas y pizarras claras. En la base, un microconglomerado ferruginoso de granos de cuarzo. Estos microconglomerados desaparecen hacia el E. y sólo se encuentra un tramo monótono en el que alternan finos bancos de cuarcita gris y arenisca ferruginosa. (S.O. de la Bóveda).
- 2) 80 m. Pizarras arenosas, grises, verdosas o rojas.
- 3) 25-30 m. Caliza gris oscura, masiva.
- 4) 10-15 m. Pizarras arenosas.
- 5) 15-20 m. Pizarras arenosas grises y calcopelitas.
- 6) 15-20 m. Calizas biohérticas grises.
- 7) 20-25 m. Cuarcitas ferruginosas en bancos potentes.

- 8) 80-100 m. Alternancia de cuarcitas oscuras con pizarras.
- 9) 100 m. Pizarras ferruginosas, localmente arenosas y bastante alteradas en superficie.

En la zona de Almadén, el Devónico está mejor representado y estudiado, considerándose que tiene una potencia media de 750 m. para el D. Inferior, y 400 m. para el Superior, con intercalaciones de tobas y sills diabásicos en el techo del Inferior, y más al N. de Almadén, en el techo del Superior. Las faunas presentes indican la ausencia de Gedinense y de Devónico medio, y por encima del Frasnense no han aparecido fósiles que indiquen la presencia del Famenense.

CARBONIFERO

Sólo aparece en lo que podríamos denominar zonas marginales de la cuenca extremeña. Al parecer comienza con calizas brechoides transgresivas de aproximadamente 150 m. de potencia. Sobre estas calizas aparece una serie de pizarras y arcillas grises-verdosas o pardo-rojizas, con algunos pequeños niveles de microconglomerados y lentejones alargados de calizas con fauna, aunque muy deteriorada. Su potencia es difícil de calcular, estimándose que es del orden de 600 m.

TERCIARIO

A partir del Devónico, y exceptuando los marginales y muy localizados afloramientos del Carbonífero, hace su aparición un enorme hiato que alcanza hasta el Terciario Medio, sin que pueda apreciarse si la falta de sedimentos se debe a que no se depositaron o a que han sido erosionados.

En el Valle del Guadiana, en la localidad de Lobón, descansando sobre el pizarral paleozóico o sobre los granitos, aparece, con unos 80 m. de potencia, un conjunto de sedimentos arcillosos rojizos de gran finura y compacidad, llamadas "arcillas de Lobón". Sobre estas arcillas se sitúa un conjunto arcósico que comienza por un depósito de gravas finas en suave discordancia erosiva sobre las arcillas, seguido de un conjunto arenoso-arcilloso de coloración amarillenta con predominio de granos de cuarzo y feldespato. Su potencia alcanza aquí los 30 m. pero en otras zonas alcanza los 50-60 m.

Ambos conjuntos, que se presentan en muchas otras lo

calidades de Extremadura, y fundamentalmente en las Vegas Bajas y Altas del Guadiana, fué datado inicialmente como pertenecientes al Oligoceno. La localización posterior en Plasencia de restos fósiles de mamíferos, en sedimentos semejantes, ha hecho necesaria la corrección de tal edad y hoy se considera que pertenecen al Vindoboniense. El hecho de que los sedimentos de este tipo aparezcan situados a diferentes alturas, nos señala la fracturación en bloques de toda la región y su removilización posterior.

Distribuidos de modo irregular sobre las arcosas aparecen los llamados "barros", típicamente continentales y de origen puramente climático, constituidos por arcillas que a veces son caolínicas o talcósicas, muy plásticas o compactas, de colores rojos y blancos, aunque también pueden ser pardo-oscuros. Frecuentemente aparecen muñequillas calizas y en ocasiones hay intercalaciones de niveles arenosos de fanglomerado, posiblemente debidos a una acentuada aridez en las condiciones climáticas, con pocas pero intensas lluvias estacionales.

Sobre estos materiales, datados como del Vindobonien Superior y a los que se considera incompletos a causa de los procesos erosivos, se sitúa el llamado nivel de "caleño", constituido por una masa de irregular distribución, de color claro, arcilloso-margosa, que en algunos sitios aparece muy enriquecido en carbonato cálcico. Rara vez sobrepasa los 8-10 m. de potencia y se supone que representan al Pontienense.

Finalmente, ocupando grandes extensiones y descansando sobre los materiales del Terciario anterior, o bien directamente sobre las pizarras, cuarcitas o granitos, aparecen las rañas. Su potencia varía enormemente, en cuanto que se encuentran sometidas a un fuerte proceso destructor y no parecen sobrepasar, en ningún caso, los 10 m. Están constituidas por un canturreal heterométrico de cantos fundamentalmente cuarcíticos, con tamaños de 15-20 cms. e incluso mayores, mezclados con arenas arcillosas rojas, fuertemente impregnadas de limonita. Cons

tituyen los depósitos superiores del Terciario y principios - del Cuaternario, definiéndolas como Plio-Cuaternarias.

CUATERNARIO

En general está mal representado y por otra parte, es difícil de distinguirlo de los sedimentos terciarios y sobreto de los plio-cuaternarios, lo que nos indica la persistencia de las condiciones climáticas.

Los ríos discurren por la amplia llanura sin que apenas exista diferenciación entre el cauce normal y el que sólo se - moja en las más extraordinarias avenidas, sin que puedan apreciarse terrazas; únicamente en algunos cursos de los ríos secundarios existen pequeños resaltes que pudieran ser considera dos como tales.

En la amplia llanura podemos distinguir tres tipos de - materiales que pueden ser considerados como cuaternarios:

a) Fanglomerados, llamados rañizos, que corres ponden a depósitos de una anárquica red fluvial sólo activa - tras las intensas lluvias en cortos períodos, características de los climas áridos. Constituyen mantos de poca potencia, 2-5 m. pero que en ocasiones tienen gran extensión superficial; están constituidos por materiales detríticos y granulometría muy hete rogénea, que descansan sobre los sedimentos del Plioceno o di- rectamente sobre la arrasada superficie granítico-paleozóica.

b) Los aluviones están constituidos por gravas cuarcíticas, bien rodadas, sin rubefacción o pátina y que son los últimos sedimentos constituidos a partir de las rañas y ra ñizos. La matriz es fundamentalmente arcillosa, pero no es raro encontrar zonas en que los granos aparecen cementados por -

caliza. En ocasiones se aprecian intercalaciones de areniscas con arcillas.

c) Finalmente, aunque no ocupan grandes áreas, hay que señalar la presencia de un sedimento típico del cuaternario extremeño. Se trata de los potentes y bien desarrollados coluviones que a modo de aureolas rodea los relieves cuarcitosos; están constituidos por derrubios de ladera, cantos sueltos y - de vivas aristas que suelen presentar efectos de soliflucción. Al igual que los rañizos, nos indican las condiciones de subaridez de la región.

II.3.3. EVOLUCION HISTORICA

Durante los tiempos precámbricos Extremadura debió de constituir un amplio geosinclinal en el que, sobre un basamento rígido inicial, se depositaron potentes series lutíticas, - origen de las pizarras. Los movimientos orogénicos iniciales hacen que entre las series pizarrosas se intercalen episodios grauváquicos y que se pliegue todo el conjunto según directrices no hercínicas. Sobre estos sedimentos se depositó más tarde una serie microconglomerática, discordante y con carácter regresivo.

En el inicio del Cámbrico se efectúa una transgresión con predominio de ambiente marino profundo, condiciones que - persisten hasta el Cámbrico Medio en que es posible la emersión de una masa continental integrada por rocas eruptivas granudas y rocas sedimentarias precámbricas; a esta época corresponderían también las calizas, con seguridad arrecifales, que se han datado como pertenecientes a este período y al Cámbrico Superior. En las últimas manifestaciones del Cámbrico se aprecia - el restablecimiento del profundo geosinclinal, con depósitos - que hoy son pizarrales uniformes y de gran potencia, excepto - en las zonas costeras en las que son frecuentes las series arenosas.

En el paso Cámbrico-Ordovícico se produce una lenta - regresión que intercala depósitos de litoarenitas, cada vez más frecuentes y depositadas sobre un episodio conglomerático. Estas litoarenitas, a causa de los fenómenos de metamorfismo - constituirán las cuarcitas armoricanas, base del Ordovícico, -

que juntamente con los niveles de base conglomeráticos, nos -
 permiten asegurar la emersión de zonas continentales con una
 red fluvial perfectamente establecida.

Estas condiciones de sedimentación permanecen durante
 todo el Ordovícico, con predominio de facies litorales areno-
 sas y se prolongan durante el Silúrico. Sin embargo, la progre-
 siva peneplanización del continente, el contínuo relleno de -
 la cuenca y las pulsaciones epirogénicas y esfuerzos derivados
 de la orogenia caledoniana, hacen que los episodios arenosos -
 se interestratifiquen con series lutíticas a veces muy finas -
 y con abundante materia orgánica que señalan ambientes tranqui-
 los y biogénicos.

En el Devónico Inferior la zona es invadida por una -
 gran transgresión marina y sobre los depósitos anteriores o -
 las arrasadas zonas continentales se depositan sedimentos batia-
 les caracterizados por la presencia de pizarras, areniscas y -
 masas calizas, que indican la interrupción de los períodos de
 tranquilidad por movimientos en la vertical, que en ocasiones
 producen facies de tipo flysch.

La orogenia hercínica afecta a todos estos materiales,
 siendo la fase astúrica la de mayor influencia, con intrusiones
 plutónicas que metamorfizan por contacto los sedimentos; el -
 plegamiento general es manifiesto en toda la región y marcará
 las características que han permanecido hasta nuestros días,
 con marcado estilo jurásico. La orogenia pliega los sedimentos
 y los hace emerger, constituyéndose una masa continental de -
 marcado carácter cratónico y que como tal actuará hasta hoy.

Durante todo el Secundario, la sucesión de ciclos ero-
 sivos rebajaron los relieves continentales haciendo casi desa-
 parecer las cordilleras hercínicas y convirtiendo el país en -
 una amplia y monótona penillanura.

Las fases alpinas actúan únicamente fracturando el -

cratón y traslocando los bloques, que se deslizan, ascienden y giran, constituyendo una formación de claro estilo sajónico.

En el Terciario, la penillanura y las depresiones formadas se rellenan de un Vindoboniense detrítico que hoy, tras los posteriores fenómenos erosivos, aparece muy reducido; la matriz es muy arcillosa y el clima correspondería al tipo cálido con estaciones húmedas.

En la etapa Plio-cuaternario el clima se muestra extremadamente árido y la penillanura se recubre del relleno conocido como "rañas" que sólo dejan al descubierto, emergiendo de la llanura, montes isla y recortadas serratas que proporcionan el material para constituir enormes canturrales y derrubios de ladera. Estas condiciones se repiten durante todo el Cuaternario y sólo aparecen como sedimentos de esta época los rañizos y los pocos y mal definidos niveles de aterrazamiento.

Actualmente, con una climatología semejante a las de tiempos anteriores, y puesto que el país solo ha sufrido ligeros basculamientos, los procesos morfogenéticos sólo dan lugar a depósitos coluviales y aluviones, a veces, de gran extensión.

II.3.4. RASGOS ESTRUCTURALES

Impresiona ver la enorme extensión que en Extremadura ocupa la monótona sucesión constituida por la serie metasedimentos-granito, tan sólo interrumpida por los sedimentos cuaternarios de las vegas de los ríos o los recubrimientos de ranas, len graníticos o delgadas capas de arcillas, bajo las cuales se adivina la continuidad de la serie. Es típica la morfología de serratas con las cumbres ocupadas generalmente por potentes estratos cuarcíticos, que parecen flotar sobre la penillanura constituida por el granito y la replegada serie de las pizarras.

Esta disposición, típica extremeña, en la que las sierras adoptan una directriz paralela o subparalela a la dirección general de los plegamientos es la que en los primeros estudios realizados fué denominada por E. HERNANDEZ PACHECO como "de las Hespérides".

La región forma parte del arco hercínico peninsular, y como constituyente de la Meseta Ibérica, se integra en un macizo que reaccionó tectónicamente después de su consolidación.

Todos los autores que han estudiado la región coinciden en estimar que fueron los gradientes de fuerza correspondientes a la orogenia hercínica los que originaron, como respuesta, la disposición estructural observable hoy día. Los efectos producidos fueron tan importantes que borraron casi por completo los antecedentes y marcaron las características estructurales generales de la región, de tal modo, que han permanecido hasta nuestros días en que pueden reconocerse perfectamente, salvo en las zonas más arrasadas.

Parece posible, aunque es admitido con grandes reservas, la existencia de una orogenia prepaleozóica. Sería esta orogenia la que debió dar lugar, en las zonas más orientales de Extremadura y en Ciudad Real a los plegamientos que afectan a los llamados "esquistos de Alcudia" ó "serie inferior", que toman la forma de pliegues similares muy apretados, con dirección N.-20°-0. aunque pueden variar hasta ser N.- S. e incluso N.E.- S.O.

La orogenia caledoniana, al parecer, fué de mayor importancia, e influiría dando lugar a efectos epirogénicos en su sentido más amplio, es decir, movimientos en la vertical de grandes áreas, que ocasionaron transgresiones y regresiones pero que no afectaron estructuralmente a las zonas internas. La respuesta a estos movimientos quedaría marcada en los sedimentos por discordancias angulares más o menos perceptibles, por los cambios de facies observados en algunos niveles paleozóicos y por la aparición de niveles conglomeráticos.

En las zonas más orientales antes mencionadas, y sobre los esquistos de Alcudia, aparece una serie microconglomerática y discordante, con pliegues muy enderezados y directriz próxima a la armoricana, que ha sido considerada como prehercínica.

De la importancia de los movimientos caledonianos habla la discordancia Ibérica de la cuarcita armoricana, que parece haber decapitado todo el Cámbrico; esta discordancia aparece en los sedimentos datados como preordovicense, y se deduce así mismo por analogía con las zonas orientales, donde es más manifiesta.

Como ya se ha dicho, fué la orogenia hercínica la que marcó la pauta estructural de la región. Es difícil determinar de forma nítida los efectos correspondientes a cada una de las fases que suelen diferenciarse en ésta orogenia, pero se admite la influencia de las fases sudética, érzica, astúrica (que al parecer fué la más importante), y la arálica, aunque ésta

última, si realmente influyó, lo hizo de forma atenuada.

El suponer a la fase astúrica como la de mayor importancia, se hace en base a la extrapolación hacia el E., ya que en Almadén tenemos un posible Westfaliense concordante, mientras que en Puertollano tenemos un Estefaniense discordante.

La fase tacónica daría origen, fundamentalmente, a cambios laterales de facies y variación en las potencias de los sedimentos.

Es difícil de enjuiciar y es muy discutida la posible discordancia entre el Devónico y el subyacente, aún teniendo en cuenta la presencia del conglomerado de Guadalefa, señalado por E. Ramirez.

Los esfuerzos desarrollados en las etapas más activas de la orogenia debieron ser enormes y violentos, como lo demuestran las posiciones, con frecuencia verticales o subverticales, con que aparecen los materiales en muchas zonas, y la disposición de las pizarras, como material menos competente, en apretados paquetes según conjuntos isoclinales.

Es característica la simetría en la disposición de los metasedimentos respecto a las intrusiones graníticas. Serán los batolitos graníticos, con formas alargadas, junto con las cumbres de las sierras, constituidas por cuarcitas silúricas y en algunas ocasiones por calizas marmóreas devónicas, las que nos señalen las direcciones de los ejes de los plegamientos. Fundamentalmente, será el conjunto Ordoviciense el que mejor nos definirá las estructuras y la disposición tectónica.

Las cuarcitas, en las sierras, se aprecia que constituyen anticlinales, a menudo con efectos de despegue rellenos de arcilla (Sierra de la Ortiga) y es frecuente que aparezca un solo flanco, con las capas bruscamente cortadas en la charnela o próximas a ella, según la directriz marcada por una falla.

La tónica general de las direcciones de los pliegues es NO.-SE. Sin embargo, la diferente plasticidad de los distintos tipos de rocas integrantes del conjunto y la presencia de los rígidos batolitos hace que tal dirección se modifique localmente siendo frecuentes los cambios de dirección y aún las bifurcaciones que, al acentuarse y actuar esfuerzos posteriores, provocan desenganches transversales y desplazamientos de unos conjuntos respecto a otros. Pese a todo ésto, no es difícil seguir y reconstruir la traza de las primitivas alineaciones.

Las series paleozóicas más antiguas, datadas como Precámbrico y Cámbrico están replegadas, adoptando formas de pequeño radio, con direcciones predominantes N.- S. y N.-25-60-0., - con las charnelas verticales, generalmente falladas y se supone constituyen un gran anticlinorio.

Las cuarcitas, que como ya se ha dicho marcan la pauta debido a su competencia, se disponen según anticlinales de 400-600 m. de radio, a veces bien conservados, con direcciones más frecuentes N.-30-50-0., aunque pueden estar modificadas localmente por el juego de fracturas y empujes sucesivos que producen giros de bloques y desplazamientos en la horizontal. Los buzamientos son variables, apreciándose una clara vergencia hacia los plutones en las zonas de contacto, como puede verse en la serie Ordovícica-Silúrica del borde sur de los granitos de La Haba-Magacela, al N.E. y próximos a los yacimientos de uranio.

Los materiales relativamente más plásticos, constituidos por las pizarras, se acomodan a las directrices del plegamiento, pero debido a las intrusiones graníticas sufren intensos replegamientos que forman series de sinclinorios y anticlinorios constituidos por pliegues monoclinales, con buzamientos elevados (hasta verticales o subverticales), y en ocasiones con estructuras de tipo imbricado y con cierta disarmonía, como se pone en evidencia en el sinclinal volcado y los desgarrres presentes en la alineación de la Sierra de Magacela y en muchas otras de la zona.

El enmascaramiento de estas estructuras a causa de - esfuerzos posteriores que fracturaron la zona en grandes bloques a la vez que los desplazó, junto con las posibles intrusiones de granitos postectónicos hacen difícil el establecer las fases de plegamientos actuantes. Sin embargo, parece claro que han sido dos, uno inicial que daría formas de claro estilo jurásico, y otra posterior, seguramente de mayor violencia, que produciría grandes fracturaciones, acentuadas más tarde por la orogenia alpina, y que daría lugar al estilo sajónico, presente hoy día aún a pesar del gran arrasamiento.

Con posterioridad al gran plegamiento hercínico, la posible acción de las orogenias siguientes, fundamentalmente la alpina, encuentra como sujeto al conjunto rígido formado - por las intrusiones graníticas y las rocas metamórficas, traduciéndose los esfuerzos en una intensa fracturación que separa, e independiza grandes bloques.

Estos bloques son removidos, ascendiendo o descendiendo y aún girándolos, aunque más normalmente el movimiento se efectúa sólo en la horizontal, resbalando un labio sobre otro según fallas rumbo-deslizantes. Esto es lo que dará las características de estilo sajónico que dominan en la región.

También serán estos esfuerzos finales los que darán lugar a la extraordinaria esquistosidad de las pizarras y a - las grandes diaclasas o pequeñas fracturas, rellenas frecuentemente de cuarzo o granitos de grano fino (aplitas) presentes tanto en los granitos como en los metasedimentos, o bien a fallas de desenganche con rellenos arcillosos, como las que aparecen en los yacimientos.

Respecto a la época de intrusión de los granitos, existe disparidad de criterios, puesto que hay autores que los consideran como prehercínicos, la mayoría los supone contemporáneos con el plegamiento y hay otros que los creen postectónicos. Lo cierto es que, aún cuando tal como debe esperarse del enorme -

volumen que constituyen, existen diferencias en cuanto a las características cristalográficas, reflejadas especialmente - por la aparición o no de grandes cristales, (fundamentalmente de ortosa y en algunas zonas de turmalina), la composición química es bastante homogénea, correspondiendo a un granito típico o a una granodiorita.

A nuestro entender, sin descartar la posibilidad de existencia de pequeños núcleos graníticos prehercínicos y quizás recrecimientos posteriores, la mayor parte de los batolitos presentes serían sintectónicos, y aún más, serían los causantes en gran parte del intenso replegamiento que podemos asimilar a los que Belousov (1.959) llama plegamiento por inyección, según el cual, los paquetes más plásticos (pizarras y aún cuarcitas en su época de sedimentos no metamorfizados), ubicados en la cima de un anticlinal surgente, son estrujados hacia el sinclinal. Esto explicaría, en parte, el hecho que el granito aparezca en muchos sitios como formando el núcleo de las serratas.

En general, los macizos graníticos aparecen en forma de batolitos alargados, en dirección análoga a la de los pliegues hercínicos, hecho que ha dado pie a que algunos autores - (E. Ramirez, 1.964) los supongan postectónicos y en algunos casos postorogénicos subsecuentes, situándose a lo largo de - grandes fallas.

De todos modos, se aprecian en los granitos grandes - deformaciones, y así, en el Valle de la Serena toman aspecto - neísico por su orientación constante, y en el plutón de La Habana-Magacela es frecuente encontrar grandes fenocristales de turmalina doblados, lo que indica la acción de esfuerzos contempráneos con el enfriamiento y formación de cristales. Asimismo, es fácil apreciar sistemas de fracturas que han funcionado más de una vez, y por los que han hecho intrusión grandes diques - aplíticos, con potencias de hasta 10 m. y recorridos que alcanzan hasta 4 kilómetros. También hay que señalar en todos los - batolitos el extremado entrecruzamiento de innumerables diques,

filones y venillas de todo tipo de rocas filonianas e hidrotermales.

Son varios los sistemas de fracturas que pueden apreciarse, siendo el principal el que agrupa las grandes fallas - que toman transcendencia a escala nacional, con orientación N.-160°. A éstas se superpone un segundo sistema, posterior, - que afecta tanto a los metasedimentos como a los granitos, con dirección aproximada N.E.- S.O. y que, según E. Ramírez da origen a la mayor parte de los desenganches tectónicos, tan característicos de las alineaciones silúricas. Además, existe un número muy elevado de fracturas de menor importancia, con dirección predominante N.-10-E., E.-O. y aún N.-S., aunque éste sea muy raro.

II.3.5. PETROLOGIA

Puesto que en el capítulo VI, GEOLOGIA del YACIMIENTO, trataremos de forma exhaustiva la descripción de los tipos de rocas encajantes o próximas al yacimiento y de la mineralogía de todas ellas, queremos aquí solamente dar una idea de los tipos de rocas más representativas que integran la región.

A lo largo de la exposición del apartado II.3.2., ESTRATIGRAFIA, hemos establecido tres tipos petrológicos fundamentales: A) Materiales detríticos que constituyen rañas, rañizos y aluviones, junto con arcillas margas y calizas. B) - Metasedimentos, integrados por cuarcitas y pizarras, que engloban a una gran diversidad de tipos, y C) Granitos, o mejor, y en general, rocas plutónicas.

Los materiales detríticos constituyen las rañas y rañizos, los derrubios de ladera y los aluviones y coluviones modernos situados en las llanuras de los valles de los ríos. Los derrubios de ladera aparecen bordeando a las sierras a modo de aureola y aparte de algunos fenómenos de solifluxión no han sufrido apenas transporte, deteniéndose donde comienza la penillanura. Están compuestos por cantos de cuarcita grandes, muy angulosos, sin cemento alguno y depositados de forma anárquica.

Aparte de estos derrubios de ladera, todo el resto de materiales detríticos podemos decir que derivan de la destrucción de los niveles de rañas pliocuaternarias; éstas aparecen constituidas por cantos heterométricos, poco evolucionados, con tamaños de 10 cms. o más, de cuarcitas, grandes pedazos de

cuarzo y aún algunos de pizarras o granitos, aunque éstos, si aparecen, están muy alterados. La matriz es arcillosa o arenoso-arcillosa, de color rojo, y en general aparece el conjunto suelto y mezclado sin orden alguno.

Semejante composición presentan rañizos, coluviones y aluviones, pues proceden de aquéllas, pero éstos están más evolucionados y es frecuente que la matriz arcillosa establezca una más rígida unión entre los cantos. Asimismo, hemos encontrado en los aluviones del Guadiana algunas zonas en que el canturral aparece cementado por caliza que los hace completamente impermeables.

También entre los materiales detríticos hay que señalar la presencia de los graníticos.

Los materiales metasedimentarios que constituyen las series paleozóicas están integrados por dos tipos de rocas, - las pizarras y las cuarcitas, aunque también aparecen ocasionalmente algunos lentejones de calizas, consideradas como de origen biohérico, y que en los contactos con el granito constituyen skarns.

Las cuarcitas constituyen grandes bancos que en su conjunto alcanzan espesores de más de 100 m.; en general, con potencias más o menos grandes, alternan con las pizarras en todas las series. Presentan un elevado grado de metamorfismo, - tanto regional como de contacto en las que se encuentran próximas a los granitos. De colores variados, desde blancas a negras pasando por rojizas, pardas, etc, se trata de ortocuarcitas granoblásticas de estructura microgranuda y muy compactas, compuestas principalmente de cuarzo y biotita, siendo frecuentes, como minerales accesorios, circón, esfena, sericita, ilmenita, clorita o apatito.

Las pizarras abarcan una tipología muy variada, con

frecuentes cambios laterales de facies y la subsiguiente mezcla de caracteres. Puede decirse que en la zona del yacimiento aparecen todos los tipos existentes, desde los más detríticos, con facies muy arenosas, hasta las ampelíticas, satinadas y compactas, de modo que para su completa descripción remitimos al capítulo final de PETROLOGIA y MINERALOGIA del yacimiento.

Sólamente indicaremos aquí la gran variabilidad antes apuntada, que abarca a pizarras micáceas arenosas, grafitosas, hematizadas o limonitas, mosqueadas, sericitadas, arcillosas, ampelíticas, etc., con colores muy variables, aunque generalmente de tonos oscuros. Están muy metamorfizadas y en las zonas de contacto aparecen cornubianitas, a veces cálcicas, y son especialmente espectaculares las pizarras mosqueadas, con grandes y perfectos cristales de andalucita quiastolitizada, y con frecuentes inclusiones de materia carbonosa. La degradación es muy variable, desde aquellas que se encuentran sin traza alguna de alteración a aquellas en que las biotitas aparecen completamente cloritizadas, siendo el carácter que con más frecuencia denota la alteración la aparición de sericita, caolín y limonita y goehtita.

Las rocas plutónicas abarcan desde las más ácidas, granitos, a otras un poco más básicas con aspecto de pórfidos dioríticos. Dentro de una constancia de caracteres bastante uniforme, se aprecian diferencias entre los distintos batolitos y aún dentro de cada uno de ellos que probablemente son debidas a las diferentes épocas de intrusión o diferencias en la velocidad de enfriamiento. Dado el carácter marcadamente porfiroide de todos los tipos, parece ser que el ascenso fué muy lento, así como su enfriamiento, dando lugar a grandes fenocristales, a veces deformados por los esfuerzos tectónicos, y pueden aparecer, como ocurre en el Váлле de la Serena granitos neísicos o neises deformados cataclásticamente.

Según E. Ramirez, la composición mineralógica y textural de las rocas plutónicas responde a los siguientes tipos:

a) Granitos marginales, de borde, compuestos en general de cuarzo, ortosa, plagioclasas y biotitas, o ésta y moscovita, como minerales esenciales, existiendo apatitos y circón como minerales accesorios. La textura es holocristalina, hipidiomorfa y la estructura granuda de grano medio o grueso, porfídica. Los megacristales de ortosa son tardíos, y las inclusiones de circón en las biotitas son muy abundantes. La roca puede ser clasificada como una granodiorita, respondiendo por su composición a granitos calcoalcalinos.

b) Granodiorita de textura holocristalina hipidiomorfa a veces mirmequítica, con algunas plagioclasas zonadas y conteniendo como accesorios hornblenda y apatito. A veces aparecen mineralizaciones de casiterita y ejemplos típicos son los afloramientos de Quintana de la Serena y La Guarda.

c) Rocas del borde meridional del plutón de La Habana, próximas al yacimiento, con textura holocristalina hipidiomorfa o aplítica poiquiolítica, con estructura de grano grueso porfídica. Corresponden a rocas adamellíticas, contienen dos micas y los fenocristales de ortosa son de génesis posterior a los minerales que los acompañan. Existen diques de grano fino.

d) Pórfidos dioríticos de Malpartida y Zalamea de la Serena con textura microcriptocristalina y estructura microgranuda porfídica. Su composición es de fenocristales de plagioclasas y minerales máficos transformados en epidotas como minerales esenciales y existiendo circón y cuarzo como accesorios. La matriz, microcriptocristalina, está formada por clorita, sericita, feldespato y epidota.

e) Granito de Magacela, en apófisis, en la que domina el tipo de grano medio.

Existen diferenciaciones que constituyen manchones menos porfídicos, diques de aplitas y ocasionalmente algunos tipos pegmatoides con mayor cantidad de mica blanca y turmalina.

R. SOLA FARRE en el análisis fotogeológico de las hojas - 778, 779, 804 y 805, establece hasta catorce fotofacies, entendiéndose por tal, según C. MARIN, "al conjunto de caracteres glip togenéticos, litológicos y tectónicos, susceptibles a ser registrados en una fotografía vertical".

Estas catorce fotofacies, representadas de forma esquemática en el plano adjunto, Fig. III.1., son las siguientes:

Fotofacies I.- Formada en general por materiales sueltos, de tonos claros, situados horizontalmente a los lados de los ríos de primero y segundo orden.

Separa, dentro de ellos, tres subgrupos. El denominado T_1 , responde al primer nivel de terrazas, caracterizado por la presencia de materiales de gran permeabilidad, sobre los que se observan cauces o lechos abandonados, inundados en las épocas de máxima crecida. De tonos claros, no es cultivado.

En el nivel T_2 encontramos aluviones de poca potencia, - interrumpido por afloramientos graníticos y también en él se observan antiguos lechos de ríos. Marca el inicio de los cultivos.

Con T_3 distingue sedimentos de tonos irregularmente distribuidos, situados a mayor altura que los anteriores. De permeabilidad baja o nula, es frecuente la aparición de lagunas o zonas encharcadas, lo que indica la naturaleza arcillosa de - estos sedimentos o la proximidad del zócalo impermeable que - aflora constituyendo montes isla (N. de Medellín).

Fotofacies R.- Corresponde a los niveles de rañas y por tanto se trata de materiales muy permeables, de tonos claros, con disposición horizontal y discordantes sobre el sustrato. En ocasiones se sitúan sobre las arenas, margas o arcillas

terciarias y su cartografía fotogeológica es más difícil por tratarse de materiales muy semejantes. En algunos parajes presentan grandes espesores y la erosión remontante de la red hidrográfica actual ha actuado de tal forma que se constituyen cerros aislados de cimas planas y laderas pendientes que en la zona son conocida como Mesas.

Fotofacies A.- Comprende sedimentos en general horizontales, de escasa potencia, que dejan al descubierto en ocasiones al sustrato. Constituidos por margas, arenas y arcillas, presentan intercalaciones de bandas calcáreas de muy poca potencia, de tonos más claros y más resistentes a la erosión.

Sobre estos sedimentos se asienta un drenaje que podríamos considerar como bastante evolucionado.

Fotofacies P.- Se trata del conjunto de materiales paleozóicos, formados fundamentalmente por pizarras y areniscas silíceas y ocasionalmente, estratos calizos. La estratificación se aprecia perfectamente, con rumbo N. 35° O. estructura de anticlinorio, y los materiales están muy replegados aunque localmente se aprecian anticlinales como los del Docenario y la Dehesa en la hoja de Castuera. Las cuarcitas ocupan los niveles de máximo relieve, como son las sierras de Guadamez y Peñas Blancas.

La fotofacies P₂ responde a pizarras y areniscas silíceas, muy replegadas, con rumbo N 40°-O. sin que se puedan determinar vergencias. Se conserva la vegetación autóctona, siendo escasos los cultivos. El relieve correspondiente a estos materiales es muy accidentado, aunque corresponden a los relieves medios de la zona en conjunto.

En la unidad P₃ se incluyen el conjunto de pizarras y cuarcitas que originan las máximas altitudes, como son Sierra de la Ortiga, Peñas Blancas, Sierra de la Garza, Pechuéganos, etc., La dirección media es N. 45°-O. y la fracturación muy elevada.

Aunque con reservas, pues presenta diferencias en cuanto a potencias de las cuarcitas, dirección media de la estratificación y tipo de pliegues, incluye dentro de este grupo a la Sierra de La Lapa.

Con P_4 separa una formación perfectamente diferenciada de las anteriores, formada por esquistos y grauvacas. Con rumbo N. 25°-0. aunque en ocasiones aparezca como N.-S., es una serie monótona, de estratificación clara y rítmica, con es caso desarrollo de suelos.

La serie P_5 está formada por pizarras arcillosas, - de tonos oscuros, que incluyen zonas de tonos aún más oscuros que responden a zonas de pizarras ampelíticas. Son las que aparecen en la zona del yacimiento de uranio. Siempre próximas a los afloramientos graníticos, es difícil de apreciar la estratificación y la dirección de los pliegues, destacando por su mayor resistencia a la erosión algunos bancos calizos.

Fotofacies G.- Son las rocas granitoides, y se establecen diferencias y analogías entre distintos afloramientos.

III. METODOLOGIA GEOLOGICA
Y RECOLECCION DE DATOS.

III.1. INTRODUCCION

Reseñadas en los capítulos y apartados anteriores las características geológicas generales de la región y de la zona - en que se sitúan los yacimientos, pasamos ahora al estudio específico de los caracteres, propiedades, parámetros y cualesquiera de las cualidades que han sido analizadas para el estudio específico de la mineralización uranífera y de la roca de caja que la contiene.

Normalmente, se hace distinción entre los datos obtenidos en el campo y los recopilados mediante una metodología de laboratorio. Entendemos que tal diferenciación es convencional y - no es más que un reflejo de los distintos aspectos con que se presenta un problema al ser analizado con diferentes escalas - de observación.

Los datos de campo comprenden comúnmente una serie de observaciones generales, todas ellas de escalas macroscópicas, - que expresan normalmente relaciones entre grandes formaciones y que servirán para una localización del problema en el contexto general de la zona.

Por el contrario, los datos propios de laboratorio parecen atender más a cuestiones específicas del problema, con relaciones de escalas menores que las anteriores, generalmente microscópicas e incluso atómicas, por lo que son típicas cuestiones referentes a composición, relaciones estiquiométricas, separaciones, interacciones fisicoquímicas, etc., para lo cual necesitamos de técnicas y aparatos específicos y especiales.

Dentro de la idea de obtener los mejores resultados - con el menor gasto, hemos procurado utilizar una metodología no complicada y que entendemos es barata, en cuanto que disponíamos de las instalaciones adecuadas. No somos tan ilusos para - no comprender que allí donde no se pueda disponer de medios semejantes, el procedimiento no resulte barato, pero lo cierto - es que no hay inconveniente en sustituir la recolección de algún tipo de datos por otros, puesto que no hemos sido exhaustivos en la determinación de parámetros; por otra parte, hoy día, en cualquier laboratorio dedicado a estudios geológicos, fácilmente se pueden hacer un suficiente número de observaciones para que los métodos propugnados en este trabajo sean utilizables.

Atendiendo a la idea de obtener el máximo beneficio - con el menor costo invertido, toda investigación de yacimientos se realiza a partir de un esquema general que responde a una - planificación dirigida a la determinación del número y calidad de datos necesarios para evaluar, de una manera que se considere suficiente, el volúmen de reserva, geometría del yacimiento e incluso las posibilidades y mejor forma de explotación.

Este esquema general es muy variable y en general se modifica a lo largo de la investigación para acomodarlo a las - dificultades que pueden encontrarse, tratando de aprovechar en todo momento las técnicas de que se dispone. De este modo, la - ponderación, análisis y tratamiento de los datos que se obtengan a lo largo de todo el proceso debe efectuarse de manera constante para señalar la conveniencia de una determinada vía, proceso o técnica, o la necesidad de abandonarla por su poca ó nula incidencia en la investigación ó su elevado coste. Y siempre teniendo en cuenta que la metodología a emplear debe ser la adecuada, sin pretender que una determinada técnica nos resuelva - de modo infalible un problema específico.

Por sus especiales propiedades, el uranio parece un metal fácil de investigar. Esto, que en principio pudiera parecer lógico, en realidad sirve únicamente para la determinación o localización previa de algunas anomalías, pues en múltiples ocasiones ha conducido a estrepitosos fracasos; en efecto, si atendemos únicamente a estas propiedades, fundamentalmente la emisión de radiaciones, hemos de tener presente de modo constante que la gran movilidad del uranio, los recubrimientos, la falta de afloramientos, las alteraciones y lixiviaciones, la existencia de una tectónica complicada, la debilidad de las anomalías radiométricas encontradas, etc., son causas que pueden modificar totalmente las primeras manifestaciones obtenidas por medios radiométricos.

Hemos de tener en cuenta que aunque la medida de la radiactividad sea un método de prospección relativamente fácil y que en ocasiones proporciona espectaculares resultados, en los siguientes pasos de la investigación debe atenderse a las condiciones de favorabilidad para la formación y permanencia del uranio en un determinado entorno de manera análoga a como se realizaría con cualquier otro elemento no radiactivo.

El planteamiento de la prospección desarrollada se ajusta a un proceso que comprende tanto investigación de superficie, con levantamiento de planos radiométricos y excavación de calicatas en las zonas que se suponen más favorables, como estudio en profundidad con sondeos de wagon-drill, sondeos de corona, pocitos, labores mineras en profundidad, etc., ayudados generalmente con unos estudios geofísicos.

Nada diremos de todas estas técnicas, en primer lugar por ser suficientemente conocidas y en segundo porque no constituyen la base de este trabajo. Todas las variables que se van a determinar y analizar serán dirigidas al esclarecimiento del aspecto que probablemente queda más desasistido en la mayoría de las investigaciones que para la búsqueda de mineralizaciones uraníferas se realizan, tanto en España como en el resto del

mundo, tal cual es la relación roca de caja-mineralización, asociaciones petrológicas y mineralógicas y en general, todo aquello que nos permita establecer una hipótesis genética de un determinado yacimiento.

III.2. DATOS DE CAMPO

III.2.1. CARTOGRAFIA

La cartografía de la zona aparece en diversos trabajos de geología general publicados por el I.G.M.E. Por otra parte, dentro del contexto del plan de investigación del yacimiento se efectuó en la J.E.N. el mapa de fotofacies de la región, cuyo estudio se debe a C. MARIN y R. SOLA, y cuya presentación ya ha sido hecha anteriormente, en el apartado II.3.5.

También dentro del plan de investigación del yacimiento - el autor de este trabajo, junto con A. TALLOS elaboró en 1970 - para la J.E.N. el informe "Memoria sobre una introducción a la geología de la zona de El Lobo (Badajoz)", donde se presenta una cartografía de afloramientos, escala 1:1.000, así como cortes estratigráficos y notas sobre afloramientos a lo largo de los arroyos que con dirección S-N y de forma sensiblemente paralela atraviesan la zona. En este informe, parte del cual se presenta en el capítulo dedicado al estudio de la geología del yacimiento, se expone la enorme dificultad que presenta la exacta determinación de la litología que conforma los estratos y que explica en cierto modo las diferencias que se encuentran en las columnas estratigráficas presentadas por los diversos autores - que se han ocupado de esta parte de Extremadura.

III.2.2.

MUESTREO ESTADISTICO

En el apartado IV.1. se expone de forma suficientemente exhaustiva los problemas que plantea la recogida de muestras y su representatividad con referencia al Universo de donde proceden y del cual pretendemos establecer un modelo. Es por ésto por lo que aquí sólomente expondremos la metodología de recogida de las muestras utilizadas en los análisis presentados en este trabajo.

Las labores de sondeos realizadas para la investigación del yacimiento, junto con las labores mineras, ponían a nuestra disposición un amplio espectro de posibilidades. Ante los diversos procedimientos por los que podíamos optar, decidimos adoptar las dos vías siguientes:

1) Recogida de muestras de sondeos, escogidos éstos de forma aleatoria pero procurando abarcar todo el yacimiento en sentido perpendicular a la estratificación y de tal modo que se tuviese una muestra de cada uno de los diferentes tramos litológicos diferenciables en el campo. En esta recogida de muestras no se atendió al contenido de uranio, sino a la litología o roca de caja.

2) Recogida en labores de mina, en las que se incluyeran en mayor proporción muestras con mineralizaciones uraníferas, determinadas mediante contaje de emisiones radiactivas.

Además del muestreo realizado, exhaustivamente con la idea de aportar datos para este trabajo, disponíamos previamente de una gran cantidad de especímenes que habían sido enviadas por los geólogos encargados del proyecto de investigación (Srs. J.M. Plaza, E. Ramirez, P. Rivas, etc.) y de cuyos análisis han sido aprovechados algunos datos.

Las referencias y localización de las muestras utilizadas en este trabajo, estan presentadas en las tablas del Apéndice.

III.3.1.

PREPARACIONES DE ROCA EN LAMINA DELGADA

Por ser harto conocida, nada diremos de la técnica a seguir para obtener preparaciones de roca en láminas delgadas que permiten su estudio por transparencia en el microscopio petrográfico.

Durante el largo período de investigación del yacimiento han sido enviadas, por los Srs. RAMIREZ y PLAZA, muestras para su preparación y estudio por el personal del Laboratorio de Mineralogía de la Junta de Energía Nuclear. Por otra parte, y de modo específico para la elaboración de este trabajo, se han estudiado una larga serie de muestras cuyo análisis, junto con el de las anteriores, servirán para extraer conclusiones.

La técnica seguida en el Laboratorio de Mineralogía de la J.E.N. para este tipo de estudio, siempre que no se indique la determinación de algún aspecto específico, consiste en la determinación microscópica de minerales fundamentales, accesorios y de alteración, constitución y tipo de roca, textura, etc., y en general, se determinan las características que puedan resultar interesantes. Todos estos datos son trasladados a una ficha y - hemos considerado que además de ser útiles para el análisis de los atributos para los que en principio fueron estudiadas, constituyen un material muy interesante para ser utilizado con la metodología estadística propugnada en este trabajo.

Realmente, según la orientación que pretendemos dar a este trabajo, el estudio de las preparaciones en lámina delgada debería de hacerse sólo para las muestras que representasen de modo inequívoco a alguna de las familias que hayan sido obtenidas por uno cualquiera de los procesos de tratamiento de datos que aquí se exponen, o bien de aquellas muestras que por su singularidad fuesen difíciles de incluir en alguno de los grupos establecidos. Sin embargo, puesto que creemos que los procedimientos utilizados serán unos completamente originales en su concepción y otros que, si no nuevos en su idea básica, si que lo son por su aplicación, hemos considerado oportuno contrastar los resultados obtenidos por estos métodos con aquellos que hasta hoy han constituido la base de todo tipo de estudios geológicos, tal cual es el caso del estudio al microscopio de láminas delgadas.

El tratamiento de los datos obtenidos por este procedimiento lo dirigimos fundamentalmente a la determinación de los distintos tipos de rocas que se encuentran en el yacimiento, y para ello, utilizaremos el programa CLUSTER que nos agrupará muestras por sus características afines, haciendo uso para la clasificación sólo las determinaciones mineralógicas no cuantitativas.

Considerando el tipo de entrada que se precisa para CLUSTER, podríamos optar para la codificación de los datos, entre tres procedimientos:

a) Sin tener en cuenta la proporción con que cada mineral se presenta en la muestra, indicando simplemente su presencia con el valor 2 y su ausencia con el valor 1.

b) Creando una semicuantificación o cuantificación relativa, señalando la presencia/ausencia de cada mineral con cuatro cifras, de acuerdo con el método siguiente: Un mineral que constituya más del 75% del total de la muestra queda representado por 2222; para 75% > mineral > 50%, lo representamos

por 1222; si $50\% > \text{mineral} > 25\%$, será 1122; si el mineral $< 25\%$, 1112; finalmente, la ausencia vendrá representada por 1111.

c) Como ya hemos dicho, las conclusiones obtenidas en el estudio microscópico de láminas delgadas se trasladan en los laboratorios de la J.E.N. a una ficha en la que se anota el contenido en minerales fundamentales, accesorios y de alteración. Realizada una lista de todos los minerales presentes en la colección general de muestras en cada uno de los tres apartados antes aludidos, codificamos como 2 la presencia, y como 1 la ausencia de cada uno de los minerales reseñados para cada una de las muestras.

Este último ha sido el sistema elegido, y en él, naturalmente, puede aparecer un determinado mineral tanto en el apartado de fundamentales como en el de accesorios, aunque esto no será posible para una misma muestra.

Por otra parte, en el capítulo VI. GEOLOGIA del YACIMIENTO, se estudiarán exhaustivamente aquellas muestras que, tras el análisis por procedimientos estadísticos, sean consideradas como representativas de las diferentes poblaciones muestrales a que podemos asimilar el conjunto de las rocas presentes en el yacimiento.

Los resultados obtenidos mediante el tratamiento estadístico se encontrarán en el apartado V.8. ANALISIS DE LOS DATOS DE ESTUDIO DE LAMINAS DELGADAS, donde tambien se expone la codificación de la mineralogía de todas las muestras estudiadas.

III.3.2. ANALISIS DE DIFRACTOGRAMAS DE RAYOS X

Por tratarse de rocas de muy compleja composición mineralógica, tal como se observa en el estudio al microscopio de las preparaciones de lámina delgada, parece en principio que el estudio de difractogramas de rayos X no va a solucionar ningún problema, ya que la curva obtenida será demasiado complicada y rara vez podremos determinar por este procedimiento más allá de los componentes principales. Sin embargo, entendemos que la presencia de los minerales accesorios ejercerá una acción correctora sobre los picos del difractograma y que los picos más fuertes que pudieran corresponderles también estarán presentes, dando como resultado una curva reflejo de la composición mineralógica total; comparando unas curvas con otras, será posible el establecer analogías y diferencias.

Puesto que disponíamos del programa CLUSTER que sirve específicamente para dar solución de una manera estadística a problemas análogos al que aquí trataremos, se efectuaron análisis de 133 muestras, en el C.S.I.C., según el método de polvo en un difractómetro de registro continuo de la casa Phillips sometiendo las muestras a una radiación $\text{CuK} \alpha (\text{Ni})$.

El problema realmente se plantea en cuanto que hay que determinar cuales son los datos que vamos a determinar para el análisis y cual va a ser el modo de codificarlos. Modernamente, este problema ya no se plantea, puesto que los últimos modelos de difractómetros disponen de un sistema combinado con una com-

putadora, que digitaliza la curva obtenida y señala directamente cuales son los minerales presentes. Como en nuestro caso no disponíamos de tales aparatos y tampoco teníamos acceso a una digitalizadora que discretizara el diagrama, ha sido preciso - establecer una metodología que consideramos puede ser útil para casos semejantes. El proceso es el siguiente:

Desechamos la magnitud de los picos y consideramos únicamente la presencia/ausencia de tales picos. Tampoco tendremos en cuenta que un mismo pico pueda corresponder a uno sólo o a varios minerales y que la presencia de un mineral puede modificar el pico correspondiente a otro.

Puesto que el servicio del C.S.I.C., entrega los difractogramas leídos, y en nuestro caso todos ellos lo han sido por un mismo operador, suponemos que la posible subjetividad - es análoga para todos ellos por lo que la función de error será homogénea y no influirá en los resultados el hecho de dar por - válidas tales lecturas.

Sin embargo, no hay duda en que la posición del pico puede variar por diversas causas dentro de un rango, que si bien no es muy grande, puede influir en nuestro análisis. Por - ésto será preciso establecer unas agrupaciones, en principio - a juicio del analista, pero que posteriormente, a la vista de - los resultados obtenidos será preciso corregir.

Comenzamos por establecer, en un cuadro de doble entrada, por una parte, una escala que con intervalos de 0,05 alcance desde 5 hasta 70, valores éstos que corresponden al máximo y mínimo de las lecturas apreciadas en el diagrama y por - otra parte, las referencias de las muestras que vamos a estudiar.

Dentro de este cuadro señalamos las posiciones de - los picos que corresponden a cada muestra. El paso siguiente - es el recuento de muestras que presentan pico en cada uno de -

los valores, es decir, establecemos un histograma de frecuencias. Este histograma será el que nos proporcione la primera agrupación de valores, o lo que es igual, nos servirá para diferenciar intervalos válidos a los cuales asignamos una marca de clase, generalmente el correspondiente a la máxima frecuencia, y cuyas amplitudes no tienen porqué coincidir. Así, en nuestro caso, damos p.e. como representativo al valor 7.40, - que comprende un solo intervalo de amplitud 0.05; al 18.40 que comprende al 18.35 y 18.40, con amplitud 0.1; al 24.40 que comprende 24.30, 24.35, 24.40, 24.45, 24.50 y 24.55, con amplitud total de 0.3, etc.,

Establecidos estos intervalos, hay que determinar si dentro de cada uno de ellos, y para una misma muestra, existe duplicidad de lecturas, pues en este caso, será preciso establecer una nueva división. Por ejemplo, nosotros establecimos inicialmente un intervalo que abarcaba desde 42.45 a 42.70, pero en la muestra de referencia 1020, tenemos lecturas en 42.55 y 42.65, lo cual nos indica que, al menos, debe de haber 2 intervalos, estableciéndose posteriormente que tales fueran, uno, de 42.45 á 42.60 y otro, de 42.65 á 42.70.

Establecidos los intervalos con sus marcas de clase, hemos construído otro cuadro de doble entrada, conteniendo, por un lado, las marcas de clase y por otro las referencias de las muestras; éste será el que nos servirá, tras un nuevo estudio - de incompatibilidades, para la codificación de las tarjetas de datos.

Como ejemplo, haremos el estudio de la muestra 1007. los valores leídos para los picos, son:

- 6.00 - 8.90 - 10.00 - 10.65 - 11.75 - 12.40 - 14.00 - 16.00 -
 - 17.80 - 19.65 - 19.95 - 20.95 - 22.35 - 24.90 - 25.50 - 26.20 -
 - 26.80 - 27.95 - 29.10 - 30.00 - 31.35 - 32.40 - 33.20 - 35.10 -
 - 36.05 - 36.60 - 37.90 - 39.60 - 41.60 - 42.10 - 42.55 - 45.40 -
 - 46.05 - 50.20 - 51.20 - 52.20 - 53.70 - 55.35 - 56.60 - 57.80 -
 - 60.05 - 62.00

Establecido con el conjunto de las muestras los intervalos que vamos a considerar y las marcas de clase que les corresponden, la muestra 1007 diremos que presenta picos en los siguientes intervalos:

- 6.00 - 8.90 - 9.95 - 10.65 - 11.75 - 12.40 - 14.00 - 16.00
 - 17.80 - 19.65 - 19.90 - 20.90 - 22.30 - 25.00 - 25.55 - 26.20
 - 26.70 - 28.00 - 29.20 - 30.00 - 31.30 - 32.30 - 33.15 - 35.00
 - 36.05 - 36.60 - 37.90 - 39.60 - 41.60 - 42.10 - 42.50 - 45.40
 - 46.00 - 50.20 - 51.10 - 52.15 - 53.70 - 53.35 - 56.00 - 57.80
 - 60.00 - 62.00

Vemos que, naturalmente, se sigue conservando el mismo número de valores, pero que su situación ha variado en algunos al hacerlos corresponder con las marcas de clase del conjunto general.

Finalmente, si hacemos corresponder el valor 2 a la marca clase que contenga pico y el valor 1 a la que no la contenga, - la muestra 1007 quedaría definitivamente codificada de la manera siguiente, al considerar tanto presencias como ausencias:

1007 - 211111111111211211121112111112111112111111211
 1111111212111121111112111111111121211122112111211111121
 111212111111121121211121111112111112111211111111121211
 1111111111211112112111112111111211121111112111111211

De forma análoga quedarían codificadas todas las muestras, y con estos datos entraremos en el programa CLUSTER, que, a su vez, puede hacer algunas correcciones y simplificaciones, obteniendo como resultado final una agrupación de muestras por afinidad de caracteres con una probabilidad de semejanza asociada para cada agrupación, tal como se verá en el apartado V.4. ESTUDIO ESTADISTICO DE LOS DIFRACTOGRAMAS DE RAYOS X.

III.3.3.

DETERMINACION ESPECTRAL DEL COLOR

Como en los iniciales trabajos de campo y en las primeras diferenciaciones de las diversas litologías se ha atendido en gran parte a las distintas tonalidades que presentan las rocas de la zona, nos pareció oportuno el establecer como parámetro indicativo de analogías y diferencias los valores del espectro de color de las muestras.

Por otra parte, los cambios cromáticos de algunos minerales, entre ellos de manera especial los ferruginosos, responden a modificaciones en el potencial de oxidación-reducción - Eh, y por tanto, con el espectro de color tendremos, siquiera de forma aproximada, una idea sobre la capacidad que tienen las rocas encajantes para reducir las soluciones uraníferas.

El método de análisis se efectuó sobre muestras que en nuestra opinión representan a todos los tipos que pudiera aparecer, e incluso hay algunas que responden a una combinación de dos tipos o familias distintas por haberse tomado en los tramos de cambio lateral de facies.

Las muestras fueron todas recogidas, conservadas y tratadas de manera análoga. El tratamiento consistió en una molienda y posterior sinterización de parte de la muestra a una presión de 300 Kg/cm^2 , hasta conseguir una pastilla de superficie mate uniforme. Sobre esta superficie se determinó la reflectividad correspondiente a diez longitudes de onda del espectro

visible, que abarcan desde 415μ a 685μ , mediante un espectro fotómetro.

Los valores observados en las diez longitudes de onda son trasladados a unas tablas standard, mediante las cuales quedan reducidos a tres dígitos, síntesis de los componentes del color, denominados X, Y, Z, y a partir de los cuales se determinan los valores:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = Y \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

que son los que son codificados como parámetros o características de las muestras.

Los resultados obtenidos se encuentran en las tablas del APENDICE y el tratamiento estadístico se presenta en los apartados V.3.2. y V.5.

III.3.4. ANALISIS ESPECTOGRAFICO SEMICUANTITATIVO

Aunque nos hayan sido de gran utilidad los parámetros - obtenidos por el método cuantométrico, consideramos que el número de muestras analizadas es limitado, por lo que acudimos de nuevo a las instalaciones de los laboratorios de la J.E.N. y determinamos por el método de espectografía semicuantitativa una serie de componentes metálicos de gran número de muestras.

Se determinaron porcentajes de contenido en los siguientes elementos: Al, B, Ca, Cr, Cu, Fe, Ga, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, - P, Pb, Si, Sn, Sr, Ti, V, In, Ag, Ba, y Co.

Sin embargo, por insuficiencia de datos en algunas muestras (en realidad, se nos presentaron los resultados con grandes lagunas respecto algunos elementos), por su deficiente contraste al obtener valores muy poco diferenciados, como es el caso de - Si, con el que se ha obtenido que está presente en todas las - muestras con valores $>20\%$, han sido eliminados Mo, P, Pb, Si, - Sn, Sr, In, Ag, Ba, y Co.

Los resultados obtenidos quedan reseñados en las tablas - del APENDICE y el estudio estadístico se expone en V.3.3. y - V.6.

III.3.5. COMPOSICION EN OXIDOS SEGUN DATOS CUANTOMETRICOS

La existencia en la Sección de Químicas de la J.E.N. de un cuantómetro nos facilitó la tarea de determinar la composición en óxidos de gran número de muestras.

El proceso de preparación de las muestras exige una molien- da muy fina en mortero de ágata hasta el tamaño de polvo impal- pable y su mezcla posterior con carbón vegetal puro igualmente molido según una relación de masas muy estricta.

Después del tratamiento por descarga eléctrica y vaporiza- ción en el cuantómetro, según procedimientos estándar, los da- tos obtenidos exigen una transformación matemática previa hasta conseguir inicialmente los datos definitivos.

Los resultados obtenidos comprenden contenidos en Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO , MnO , Na_2O , TiO_2 , de los cuáles ha sido despre- ciado como parámetro indicador el Na_2O , pues el porcentaje de- terminado ha sido siempre $< 0.15\%$, excepto en muy pocas muestras del total de las analizadas, sin poderse obtener mayor poder de resolución.

Los resultados quedan expuestos en las tablas del capítulo V apartado 5, donde se efectua el tratamiento estadístico aso- ciándolos con las coordenadas de color, y en las tablas del - APENDICE.

III.3.6. GAMMAMETRIA Y CONTENIDO EN U_3O_8

Aunque la localización y beneficio del uranio no sea el -
objetivo básico planteado en este trabajo, pues como ya hemos -
dicho lo que pretendemos con esta tesis es contrastar la validez
de unos procedimientos estadísticos de prospección, es natural
que determinemos la cantidad de metal beneficiable que vamos a
encontrar y dónde, cómo y porqué se encuentra en un determinado
tipo de rocas y no en otras. En pocas palabras, tratamos de ave-
riguar los procesos generadores del estado actual de un determi-
nado elemento, para lo cual necesitamos saber cómo y en qué can-
tidad se encuentra.

Hemos aprovechado parte de la gran cantidad de análisis -
químicos cuantitativos que se han realizado por los servicios
de la J.E.N. durante toda la etapa de prospección e investiga-
ción del yacimiento y con el fin específico de poder relacionar
el uranio con los atributos analizados en las diferentes familias
de rocas, se han efectuado determinaciones de aquél en muestras
procedentes de las labores mineras de investigación. Las mues-
tras específicas para este fin hemos decidido recogerlas según
un muestreo en el que se ha optado por analizar datos de aquellas
zonas en el que el contaje radiométrico mostraba un mayor conte-
nido en elementos radioactivos.

Los resultados quedan expresados en el capítulo V, apartado
6, donde se hace su estudio estadístico junto con el de los da-
tos químicos semicuantitativos.

La gammametria ha sido medida en las instalaciones del La-
boratorio de Mineralogía de la J.E.N., y el contenido en U_3O_8
ha sido determinado en los laboratorios de la División de Quími-
cas.

III.3.7. DETERMINACION de Eh, pH y rH

Con el fin de poder establecer la relación existente entre los parámetros físico-químicos y el contenido en uranio, se efectuó la determinación de los primeros en muestras en las que también se había analizado el contenido en U_3O_8 .

Las medidas se han obtenido utilizando un ZEROMATIC II pH Meter de la casa Beckman de lectura directa, mediante una combinación de electrodos compuesta de uno de calomelanos, otro de vidrio y un tercero de platino.

Los parámetros se determinaron sobre muestras sólidas, por lo que es precisa una preparación previa de la muestra mediante un proceso que implica:

- a) Molienda fina de la muestra.
- b) Introducción en un cilindro con la base cerrada por un papel de filtro y extracción del aire.
- c) Inmersión del envase con la muestra en un recipiente con agua destilada, para que ésta ascienda por capilaridad ocupando todos los poros.
- d) Introduucción de los electrodos y cierre hermético con - circulación de nitrógeno.
- e) Se realizan medidas a intervalos determinados de tiempo hasta conseguir la estabilización de lecturas, lo cual se consigue aproximadamente a las 24 horas.

El pH de las muestras se obtiene por lectura directa del -
valor proporcionado por el aparato cuando se ha conseguido la
estabilización. El Eh es también de lectura directa, en milivolt
tios, pero al valor leído debe añadirse + 240mV. correspondiente
al potencial de la semipila de calomelanos.

El rH₂, que a lo largo de todo este trabajo denominamos -
rH, nos da una indicación del estado de reducción o de oxidación
de la muestra y se obtiene a partir de la relación

$$rH_2 = 33.9 \text{ Eh} + 2 \text{ pH}$$

Los valores obtenidos están expuestos en las tablas del -
APENDICE y el tratamiento estadístico se desarrolla en V.7.

III.3.8.

DENSIDAD

Considerado en principio como posibles datos significativos, se determinaron los valores de la densidad para una serie de muestras, cuyos resultados quedan reflejados en las tablas del APENDICE.

La obtención de este parámetro se realizó mediante el, - "Air comparyson Pycnometer", modelo 930 de la casa Beckman, en atmósfera normal.

Sin embargo, como en las primeras pruebas de tratamientos estadísticos efectuadas se observó la nula efectividad de este parámetro en cuanto a significación en la definición de agrupaciones muestrales, se optó por abandonar su determinación en todas las muestras, así como su utilización en los sucesivos - estudios estadísticos.

IV. METODOLOGIA ESTADISTICA.

IV.1.

INTRODUCCION

Todos los fenómenos naturales se acomodan a unas determinadas leyes de distribución, leyes que por su complejidad, dificultad ó desconocimiento, son frecuentemente sustituidas por la explicación parcial de atributos más sencillos y fáciles de reconocer, que expresan condiciones de favorabilidad. De este modo, el conocimiento de un hecho o aspecto de la Naturaleza lo basamos en la asociación de diferentes conocimientos parciales y subjetivos y que, por tanto, sólo se pueden extrapolar bajo criterios personales y siempre arriesgados.

En el aspecto de las Ciencias Geológicas, la tendencia actual es la búsqueda de las funciones que regulan la evolución del Universo con técnicas que, aunque siempre apoyadas en criterios geológicos, actúen de modo objetivo e independiente de las hipótesis subjetivas, las cuales quedarían sustituidas por deducciones físicas y cálculos matemáticos.

Un primer paso hacia la deseable determinación y generalización de las ecuaciones que nos definen los distintos ámbitos científicos ha sido dado por el intenso desarrollo y aplicación de los métodos estadísticos, pues han permitido un gran avance en el conocimiento de las leyes de distribución.

Puesto que la observación no es mas que la aprehensión subjetiva de las manifestaciones mensurables en que se traducen las relaciones paramétricas implícitas en un conjunto, podemos decir que toda observación geológica debe poderse traducir a términos matemáticos mediante la estructuración adecuada de los datos.

En esta traducción a términos numéricos pueden surgir, y de hecho los hay, problemas de interpretación por la mezcla y superposición de todo tipo de fenómenos, desde aquellos que afectan a las configuraciones de los átomos, hasta las interacciones físico-químicas, mineralógicas, petrográficas, estratigráficas, geotectónicas, etc.. Sin embargo, podemos definir teóricamente el conjunto universal de variables geológicas como el formado por todos los valores posibles de unas determinadas $x_1, x_2 \dots x_n$, que definen la totalidad de los fenómenos geológicos en un momento (x, y, z, t) de la evolución.

Si al conjunto de las observaciones de diferentes variables efectuadas en un macrosistema M , al cual caracterizan, lo denominamos X_M , entre los dos conjuntos M y X_M , definidos en una misma unidad geológica, debe existir una correspondencia, pues las variables del conjunto X_M están implícitas en el conjunto M en forma de relaciones paramétricas.

De este modo, todo elemento $x_i \in X_M$ deben ser imagen de al menos un elemento de M y podremos esperar la existencia de una función cuyo dominio imagen $f(M)$ sea un subconjunto de X_M . O lo que es lo mismo, dado que la correspondencia recíproca es cierta, en todo conjunto de variables geológicas determinadas sobre una unidad geológica existe un subconjunto de valores que son función de, por lo menos, una variable representativa de una propiedad determinada.

Todas y cada una de las unidades geológicas que se pretenden diferenciar en un determinado ámbito estarán caracterizadas por conjuntos de valores de las variables geológicas. Si tratamos de discriminar y clasificar los conjuntos que constituyen las unidades naturales, serán aquellas variables las que deberán ser analizadas, por representar las relaciones paramétricas inherentes a cada unidad.

Al tratar de identificar los cuerpos geológicos mediante variables numéricas, no se hace más que sustituir la real es-

estructura físico-química por una estructura numérica; esta estructura numérica constituye el llamado modelo matemático que deberá ajustarse, en el máximo posible, al modelo físico de la unidad geológica con la que se trata de identificar.

Naturalmente, las consideraciones obtenidas del análisis numérico se referirán exclusivamente al modelo matemático que hayamos establecido y para hacer extensivas estas conclusiones a la unidad que se trata de definir será preciso utilizar razonamientos que puedan ser ratificados por una experimentación hipotética o por la reiteración de una fenomenología análoga.

Como frecuentemente, y en particular en el caso de estudio de un yacimiento, sólo se pretende conocer uno de los aspectos del que podemos llamar macrosistema, hay que tener presente que en el modelo representamos propiedades generales del conjunto total. Estas propiedades las caracterizamos por una serie de variables que, aun cuando algunas de ellas sean condicionantes tanto del macrosistema como del aspecto particular que se trata de estudiar, hay otras que pueden ser solo propias del gran conjunto, sin tener influencia apreciable en alguno de los subconjuntos y aún ser independientes de ambos sistemas en un determinado momento. En consecuencia, hemos de tener el máximo cuidado en considerar siempre el conjunto de variables que interaccionan en todos los subconjuntos, tratando de identificarlas y fijarlas.

Pretender la consecución de un modelo que refleje por completo el comportamiento de una unidad geológica es una labor prácticamente imposible, a causa del elevado número de parámetros que pueden ejercer su influencia y de la superposición de los distintos estados de equilibrio posibles a lo largo de la evolución del conjunto. Cuanto más próximo a la realidad se pretende asimilar el modelo, mayor complejidad adquiere éste, por lo que el ideal es encontrar la variable ó variables que realmente condicionan el aspecto que se trata de dilucidar, olvidando la posible incidencia de todas las demás. Y esto solo -

puede conseguirse tomando como vía de solución una metodología estadística.

Los valores de las variables se determinan sobre una - porción de la unidad que se va a estudiar, se conoce como "muestra geológica". La muestra debe contener todas las propiedades del sistema al cual debe representar, para que a través del estudio de aquéllas pueda definirse el sistema según una estructura matemática. Asimismo, deberá tener una representatividad acorde con las variables que se pretenden identificar y un tamaño adecuado a la escala de estudio, tanto por se representante de un sistema, como por tratarse de un ente analizable estadísticamente. De este modo, la muestra representa al sistema y, recíprocamente, podemos decir que todo sistema o conjunto geológico es representable a través de una muestra.

Por otra parte, si del estudio de las variables determinadas sobre una muestra hemos de deducir las propiedades de un macrosistema, será preciso hacer uso de la experiencia y de los criterios geológicos para determinar la representatividad de dicha muestra. Además, serán estos criterios los que habrán de señalarnos qué tipos de variables son los de mayor incidencia, para desestimar todas aquellas que presenten menor aporte a la definición del sistema.

La idea que tratamos de desarrollar es la de definir un macrosistema a partir de una muestra geológica a la que, además, solo estudiaremos parcialmente; no hay duda que la definición puede ser muy imperfecta, pero puede ser utilizable - en multitud de aspectos. A las variables no consideradas, o - mejor, a la incidencia fenomenológica de dichas variables las suponemos incluida en la llamada "función de error", analizable estadísticamente y a la que puede aparejarse en todo momento - una función de probabilidad.

Todo estudio a través de modelos comienza por la elección de la muestra o población muestral, por lo que es éste - uno de los problemas más delicados. Una mala elección nos conduci

ría a errores, no en el modelo en sí, ya que éste es un ente aséptico formado con datos volubles, sino porque el modelo construido no será la imagen esperada del sistema al que se quiere representar. En cada caso será preciso determinar los límites - de la población muestral mediante el análisis de las variables que tengan más fácil verificación y menor costo y que a la vez que permitan alcanzar la idea de población geológica; de este modo, podremos definir la población muestral como un conjunto suma de los subconjuntos "poblaciones geológicas" que integran al macrosistema.

La determinación de las diferentes poblaciones geológicas que constituyen la población muestral y representan la - población objeto dependen de factores tales como la selección previa de muestras, el nivel de información disponible, la escala de las variables, etc.,

Como ya hemos dicho anteriormente, cualquier muestra que esté caracterizada por al menos una variable, representa - a un sistema natural aunque su definición se encuentre así incompleta. Si tomamos muestras al azar que suponemos pertenecen todas a una misma población, las variables geológicas que caractericen a cada porción deben tener rasgos semejantes en todas ellas, de tal modo que podrán agruparse según una configuración característica; se podrá esperar que todas las muestras pertenecientes a la misma población geológica se asocien estadísticamente a través de un conjunto de variables, de manera que al correlacionar los coeficientes de asociación de dichas variables se pueda tener idea de la configuración de la población objeto.

La definición obtenida para cada subconjunto muestral debe ser máxima, a la vez que la relación entre cada dos conjuntos ha de ser mínima, para obtener diferenciación óptima. - Para ello, deben de establecerse unos niveles de probabilidad de asociación, dados estadísticamente. Por otra parte, el macrosistema será resultado de la asociación de las poblaciones muestrales de que se compone, y por lo tanto, esta asociación

debe llevar consigo un máximo de probabilidad; a la vez, se intentará definir lo más perfectamente posible la incidencia del conjunto de variables analizado en la variable o propiedad específica que se trata de estudiar.

Existen aspectos en la investigación geológica, como puede ser el de prospección de un yacimiento, en que se exige un pragmatismo a ultranza en el sentido de que cualquier tipo de información geológica que sirva de ayuda para la construcción de un modelo debe ser aceptado; sólo se necesitará saber el significado de la información para que al contrastarlo nos permita adoptar una decisión cuya pérdida media esperada sea mínima. Por el contrario, en otros muchos aspectos, la información ha de atenerse a un rigor científico extremado para que sea de alguna utilidad y necesariamente tiene que pertenecer a una tipología determinada.

En Geología se puede disponer tanto de datos de campo como de laboratorio, estableciéndose con frecuencia una neta separación entre ellos. Esta diferenciación entre los datos debe ser postergada, en cuanto que comúnmente solo sirve de confusión, y que, por otra parte, ambos tipos de observaciones responden a hechos concretos pertenecientes a un mismo estudio, que sólo pueden presentar las diferencias propias de la escala de observación y, quizás, de la mayor o menor fidelidad.

En cualquier caso, la información debe de valorarse en función de su aporte para la definición del modelo físico-matemático que se trata de construir y será la estadística la que nos proporcione métodos de tratamiento de datos no paramétricos a través de los cuales puedan inferirse algunas conclusiones válidas. Eso sí, en todo momento hemos de tener en cuenta que no se trata de efectuar un análisis geológico mediante una técnica estadística, sino de aplicar la estadística cuando necesitemos conocer la probabilidad de un fenómeno geológico.

Los modos o sistemas operacionales para el estudio y aplicación de modelos estadísticos matemáticos en Geología, se encuentran ahora en la fase de coordinación de los diferentes análisis puestos a punto para la determinación de aspectos parciales. El primer intento de una tal coordinación del que tengamos noticia ha sido puesto a punto por E. MINGARRO, J.R. PASQUAL, F. RECREO, R. SOLA, J.M. TENA y F. ZAMARRA, bajo la dirección del primero, en el trabajo "Técnica de prospección de yacimientos basada en funciones metalogénicas", en 1.974. En él, se propugna un método que es el que vamos a seguir, de forma aproximada, en el presente trabajo.

Una vez tomadas las muestras de la región por cualquiera de los procedimientos reseñados en la extensa bibliografía que existe al respecto, con las únicas condiciones que hemos expresado anteriormente al exponer el problema del muestreo, pasaremos a efectuar el análisis de las variables escogidas. Tendremos en cuenta que no es condición excluyente la no determinación exacta del verdadero valor, sino que simplemente es suficiente una estimación relativa, cuya precisión permita conocer el valor que obtendríamos en el caso de repetir la determinación.

Obtenidos los valores de las variables geológicas que aceptamos como datos codificables, el primer paso es el conocimiento de la distribución de cada observación univariante. Como realmente no se sabe si la población muestral representativa de la región responde a una sola población, o si por el contrario son varias, será preciso comenzar por el análisis singular de cada observación univariante, tanto en el espacio probabilístico como en el espacio geológico.

Como la distribución normal se puede caracterizar por tener un máximo en el entorno del valor medio de la variable, en muchas ocasiones la simple observación del histograma de la tabla de frecuencias puede suministrarnos suficiente información.

En el análisis de las poblaciones univariantes comenzaremos por el análisis de la función de distribución muestral. - Fundamentalmente, tendremos dos tipos de variables geológicas, según definan un espacio muestral discreto o continuo. En el trabajo antes mencionado se presenta una tabla, en la que se dan los tipos de funciones que más frecuentemente adoptan las variables geológicas.

TIPOS ESTADISTICOS DE LAS VARIABLES GEOLOGICAS

<u>VARIABLES</u>	<u>ESCALAS</u>	<u>F. DENSIDAD</u>	<u>PARAMETROS</u>
Discretas	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Nominal} \\ \text{Ordinal} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Uniforme} \\ \text{Binomial} \\ \text{Poisson} \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} U (x) \\ B (x + p) \\ P (x , \lambda) \end{array}$
Continuas	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Intervalos} \\ \text{Razones} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Normal} \\ \text{Lognormal} \\ \text{Gamma} \\ \text{Circular} \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} N (x, \mu, \sigma) \\ N (x, \mu, \sigma) \\ N (x, r, \beta) \\ N (x, \tau, \theta) \end{array}$

En nuestro estudio vamos a tratar de aplicar procedimientos estadísticos para la mayoría de los cuales se presupone que la distribución de frecuencias adopta la forma conocida como "normal". Será preciso por tanto determinar si efectivamente la función de densidad de cada variable se acomoda a este tipo de distribución.

Esta determinación la hacemos aplicando el test estadístico de χ^2 , que nos proporciona una probabilidad de aproximación; en el caso de que ésta no sea considerada suficiente, deberemos efectuar una transformación en los valores de los datos,

de forma que la nueva función $x' = f(x)$ tenga una ley de -
distribución normal y que la varianza del término aleatorio -
sea independiente del valor medio de la variable transformada.

Si tras la aplicación de las diversas transformacio-
nes que más comunmente permiten la normalización ésta no se ha
conseguido, bien porque realmente no la tiene o bien porque -
los módulos de transformación no son los adecuados, considerare-
mos que presentan una función de densidad arbitraria. En es-
te caso, al igual que sucede con las variables de distribución
discreta, sóloamente podrán ser tratadas con el uso de métodos
estadísticos no paramétricos; usaremos el estadístico de Kolmo-
gorov-Smirnov, el cual no precisa conocer la función de distri-
bución ni que la frecuencia sea mayor de 5, como es necesario
en el caso de la correcta aplicación de chi-cuadrado.

La definición de las poblaciones geológicas deberá -
hacerse conjugando todas las variables de que dispongamos, pa-
ra lo cual, tras el análisis univariante de cada una, será pre-
ciso continuar con el análisis multivariante, estableciendo -
las funciones discriminantes entre ellas y determinando los -
posibles solapes. También nos será de gran utilidad el conocer
la influencia de cada una de las variables en la separación de
familias o poblaciones geológicas y su posible significado.

El método operativo se basa en tratar de asociar en-
tre sí todos los pares de muestras mediante coeficientes de -
similitud, a la vez que se trata de determinar el coeficien-
te de asociación de las variables por medio de correlaciones.

Las estadísticas utilizadas en estas asociaciones -
son las siguientes:

a) El de Kolmogorov-Smirnov, que hace uso de las
distancias que separan las curvas acumulativas de frecuencias.

b) El coeficiente de similaridad de Sokal y Michener, (1.963), se utiliza cuando las muestras están caracterizadas por un conjunto de variables nominativas. Se basa en la estimación de que la ausencia o presencia en dos muestras de una variable que se supone común, las asemeja.

c) El coeficiente de Jaccard es semejante al anterior, pero considera como índice de similaridad sólo las coincidencias por la común presencia de variables.

d) Cuando el número de variables no presentes es muy elevado, suele dar mejor resultado en la determinación del nivel de asociación el coeficiente de Otsuka.

e) Si las muestras están caracterizadas por conjuntos de variables determinadas en escalas de números reales - que siguen aproximadamente una función de densidad normal, se ensaya el coeficiente de Imbrie y Purdy, $\cos \theta$, donde θ es el ángulo entre dos especies en un espacio multidimensional.

f) Utilizando el coeficiente de correlación de Pearson se obtienen resultados semejantes a los observados con el $\cos \theta$.

g) Si las variables no siguen la distribución normal o se presentan como una escala de valores discretos, podemos utilizar el estadístico chi-cuadrado, siendo la población esperada la media de las dos muestras que se comparan.

Los resultados de la asociación se expresan en forma de matriz de coeficientes y los grupos de muestras se forman de acuerdo con la intensidad de relación expresada por estos coeficientes. Suelen traducirse gráficamente en un dendrograma de dos dimensiones, en una de las cuales se escalonan los coeficientes de semejanza y en la otra se disponen las muestras por orden de inclusión en los grupos detectados; en el dendrograma no sólo se evidencia la existencia de un determinado grupo, - sino también el nivel de semejanza a que se produce la asociación de sus miembros.

Establecidas las agrupaciones muestrales mediante los coeficientes de asociación, asimilaremos cada una de ellas a una población geológica, y el paso siguiente es la verificación de la bondad de definición de dichas poblaciones. Para ello - se determinará la probabilidad de semejanza mediante el estadístico de Hotelling, T^2 , a la distancia generalizada, D^2 , de Mahalanobis. Generalmente no puede esperarse una nítida separación entre poblaciones, ya que presentarán solapes más o menos amplios según sea la fluctuación estadística de las variables no consideradas.

Como el conjunto de muestras caracterizadas por los - valores de las variables constituye una matriz, para determinar la asociación entre variables bastará con efectuar una transposición de dicha matriz y analizarla con los coeficientes anteriormente expuestos. Hay que tener en cuenta que esta opción - es incompatible con los coeficientes de similaridad univariantes y con el coeficiente $\cos \theta$.

Al analizar las variables de la población muestral, - puede encontrarse la variable que caracteriza de manera biunívoca a la propiedad en estudio, que en el caso de un yacimiento representará el contenido de un determinado elemento. Esta variable característica puede pertenecer a todos los sistemas muestrales del macrosistema o bien sólo a alguno de ellos.

En el caso de que sólo pertenezca a parte (o una sola) de las poblaciones muestrales, tendremos un conjunto de - poblaciones, todas ellas pertenecientes al macrosistema, en - las que se pueden estudiar la diferente asociabilidad de las variables generales con la variable característica, determinando la razón por la cual ésta aparece en una determinada población y no en el resto, a la vez que se puede señalar la causa posible de aparición o desaparición de dicha variable ante la concurrencia de las demás.

El problema de determinar las variables que se asocian con la característica es relativamente fácil y mediante un análisis escalonado de regresión múltiple se pueden conocer los coeficientes de la ecuación que nos define la dependencia existente entre, p.e. la mineralización y su entorno geológico, de modo que:

$$x_c = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n + e$$

Donde las variables x_i pueden ser de cualquier tipo y cada coeficiente α_i lleva asociada una probabilidad de incidencia en la definición de x_c .

La probabilidad de existencia en un determinado medio geológico de una cierta propiedad será fácil de averiguar conociendo la estructura matemática de la población que se trata de investigar, mediante test tales como el de Mahalanobis u otros semejantes.

IV.2. PROGRAMACION

IV.2.1. PROGRAMA "TOPO"

INTRODUCCION

El programa tiene como objeto el análisis de la - distribución espacial de las variables geológicamente móviles. Estas variables deberán ajustar su cinética a la ecuación del transporte.

El análisis estadístico de la distribución de los valores que toma cada una de dichas variables en un determinado marco espacial, permitirá, de una parte, una aproximación discreta a la función continua que describe el transporte, y de otra, discriminar las áreas de influencia de los sucesivos - procesos removilizadores que, eventualmente, hayan podido afectar la manifestación instantánea de las variables móviles, desde la última etapa de homogeneidad alcanzada por éstas.

Así, toda discontinuidad, inferida estadísticamente, bien por el coeficiente de variación, bien por la probabilidad de cambio de gradiente, supondrá una modificación en la distribución de la variable que se considera móvil.

METODO

En síntesis, el programa realiza un análisis estadístico de la distribución de los valores de la variable móvil en un espacio coordenado bidimensional.

La unidad de desmuestra será un elemento de superficie de dimensión dado, a_i , y cada celda deberá poseer, al menos, - un valor de observación.

Esto permite:

1º) Calcular la variable estadística "Recorrido" que se define como la diferencia entre los valores extremos - leídos sobre cada unidad, a_i : $R = M - m$.

2º) Calcular el valor medio de los observables - por celda, $\bar{m} = (M + m) / 2$.

3º) Obtener las medias aritméticas y geométricas de los parámetros: M , m , \bar{m} y R .

4º) Establecidos unos intervalos de clase sobre dichos parámetros, calcula la distribución de frecuencias de - estos respecto a otros intervalos de clase definidos sobre R .

5º) Para cada intervalo de clase definido sobre - M , m y \bar{m} , calcula:

- a) Valor promedio del Recorrido.
- b) Varianza del mismo.
- c) Coeficiente de variación $1/V$.
- d) Cambio de gradiente.
- e) Desviación típica del cambio de gradiente.

El programa permite construir un histograma o curva de distribución de las frecuencias de cada uno de los estadísticos enunciados, frente a los correspondientes intervalos en que se considera dividido el rango de variación de los valores de la - variable móvil.

ENTRADA DE DATOS

Los datos de entrada al programa que se describe - podemos considerarlos divididos en dos BLOQUES

BLOQUE 1: Datos de control del programa.

BLOQUE 2: Observables de la variable objeto de procesamiento.

BLOQUE 1: DATOS DE CONTROL DE FLUJO

<u>COLUMNA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>TIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
1-8	NPX	I	Nº. de celdas en el sentido de las X.
9-16	NPY	I	Nº. de celdas en el sentido de las Y.
17 -24	AVAR	R	Valor del intervalo de la variable móvil
25-32	APIR	R	Valor del intervalo del Recorrido
33-40	XCERO	R	Coordenada X de la celda que se toma como origen.
41-48	YCERO	R	Coordenada Y de la celda que se toma como origen.
49-56	XINCR	R	Paso de la malla en el sentido de las X.
57-64	YINCR	R	Paso de la malla en el sentido de las Y.
69	IOPGR	I	Opción para ejecutar los gradientes. Si IOPGR = 0, no se realizan. Si IOPGR = 1, se ejecutan según el sentido de las Y. Si IOPGR = 2, en el sentido de las X.
74	MDGOP	I	Opción para realizar el cálculo de las medias geométricas. Si MDGOP = 0, no se calculan
79	JESC	I	Opción de salida de datos en forma de mapa. Si JESC = 0, se obtiene dicha salida.

TARJETA 2ª

<u>COLUMNA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>TIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
1-72	FMT	A	Formato de los datos de entrada - pertenecientes al BLOQUE 2.

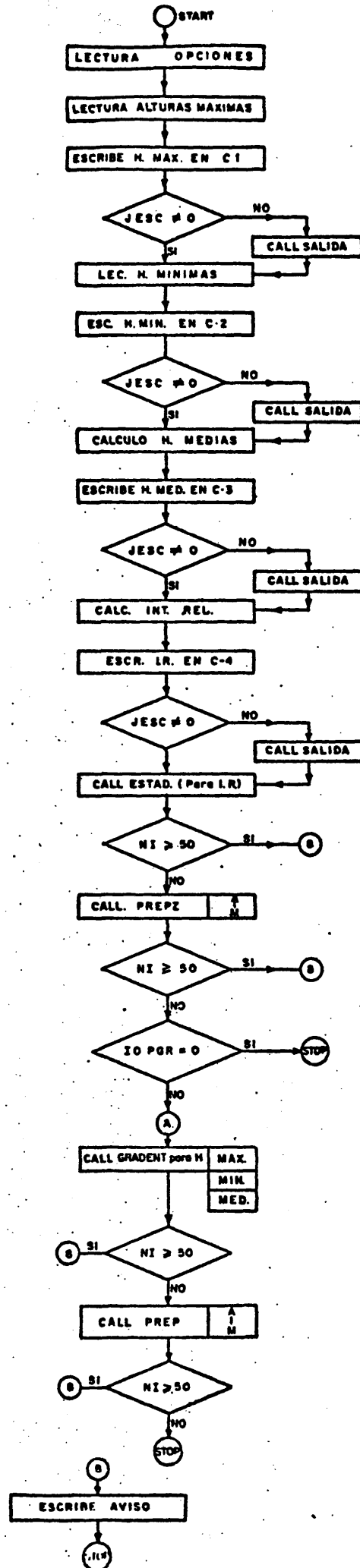
BLOQUE 2: VALORES OBSERVADOS DE LA VARIABLE MOVIL

TARJETA 1ª.

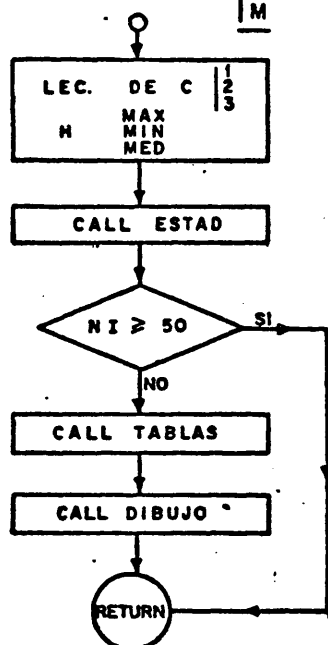
<u>COLUMNA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>TIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
1-72	TITULO	A	Referencia al área desmuesturada.

TARJETA 2ª y siguientes.

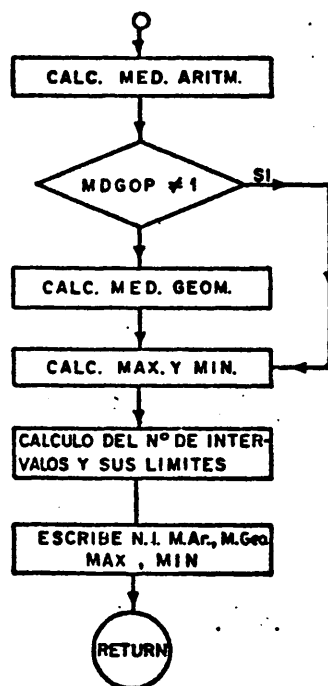
<u>COLUMNA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>TIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
1-72	VAR (I,J)	R	Datos leídos sobre cada celda



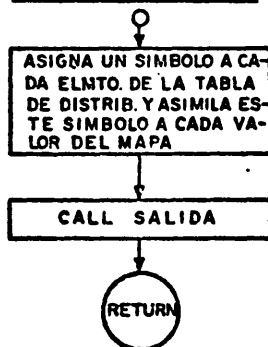
SUBROUTINE PREPZ



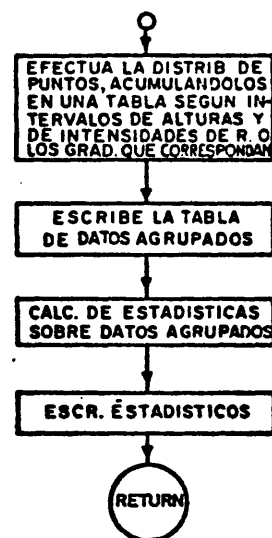
SUBROUTINE ESTAD



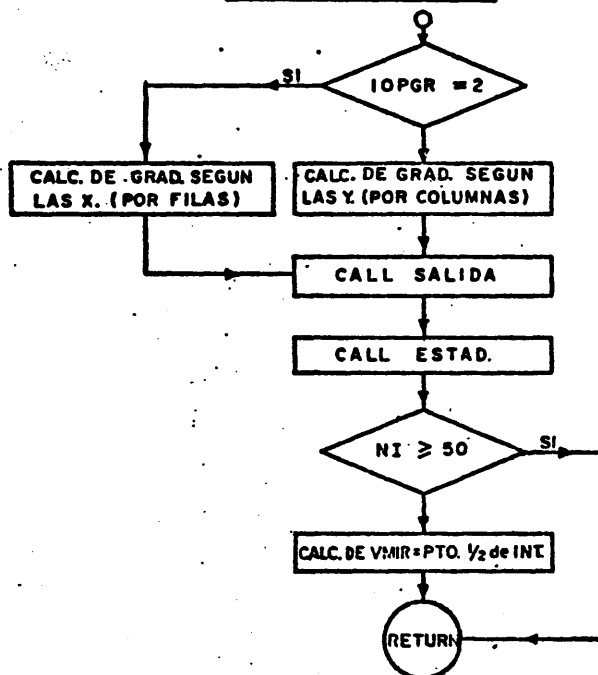
SUBROUTINE DIBUJO



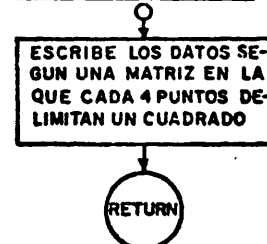
SUBROUTINE TABLAS



SUBROUTINE GRADENT



SUBROUTINE SALIDA



IV. 2.2.

PROGRAMA GETENINTRODUCCION Y OBJETO DEL PROGRAMA.

El tipo de distribución de frecuencias más utilizado en Estadística y con referencia a la cual se desarrollan gran parte de las teorías expuestas en este trabajo, es la conocida como "distribución normal" cuya gráfica responde a una curva simétrica acampanada, extendida indefinidamente tanto hacia la derecha como hacia la izquierda. La denominación responde al hecho de que el área bajo la curva indica la frecuencia relativa en que una variable toma valores entre dos puntos.

Una curva normal puede ajustarse a cualquier histograma de frecuencias, con un ajuste que será bueno o malo según que la curva represente de forma más o menos eficazmente el histograma. Si \bar{X} es la media y S la distribución típica de la muestra, la ecuación de la curva, es:

$$y = \frac{i N}{s} \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-1/2 \left(\frac{x - \bar{x}}{s} \right)^2} \right]$$

donde N = Número de casos observados.

i = Amplitud del intervalo usado para dibujo del histograma.

Las poblaciones muestrales analizadas en este trabajo se supone que responden en su tratamiento estadístico a una distribución normal. Dentro de la literatura geológica se presentan

diferentes tipos de distribuciones para elementos mayores, menores, composiciones mineralógicas, etc., señalando los diversos autores, diferentes tipos de distribución tales como normal, log normal, etc. Nosotros, prescindiendo de todos estos trabajos, hemos tratado de encontrar un tipo de distribución normal para lo cual se ha construido el programa GETEN.

Según Dixon y Massey son necesarias algunas suposiciones acerca de las distribuciones de las poblaciones para poder utilizar la mayoría de los procedimientos estadísticos, y presentan como ejemplos de estas suposiciones: a) Que la población está normalmente distribuida. b) Que dos o más poblaciones tienen varianzas iguales. c) Que un modelo de análisis de la varianza con dos variables no tiene interacción. A veces ocurre que un cambio de escala apropiado satisfaga de manera más apropiada alguna de estas suposiciones, y de aquí las transformaciones exponenciales, logarítmicas, etc.

En general, el cambio exacto de escala es difícil de determinar y solamente la experiencia puede indicar cuál es la función de aplicación apropiada. Sin embargo, mediante un estimador probabilístico, como es el caso de la función estadística χ^2 , podemos apreciar la aproximación a la normalidad de varias transformaciones, estableciendo una cierta capacidad de decisión.

Las transformaciones más utilizadas son $y = \sqrt{x}$, $y = \log(x)$ e $y = \arcsin(\sqrt{x})$ a las que nosotros hemos añadido otras, como se indica a continuación.

METODO

El programa está basado en un test χ^2 para determinar la bondad de ajuste de una población muestral a una distribución normal.

El fundamento matemático es el siguiente:

Supongamos un conjunto de n muestras representadas por los valores $X_1 \dots X_n$, distribuidos en r clases de paso P ; la clase i contiene E_i observaciones en el intervalo $(X \text{ MIN} + (i - 3/2) \times P, X \text{ MIN} (i - 1/2 P))$. La hipótesis que se va a testificar es que las muestras constituyen una población normal de la que se desconocen los parámetros \bar{X} y S .

Si la hipótesis es verdad, la probabilidad C_i correspondiente a la clase i es:

$$C_i = \frac{1}{S \sqrt{2\pi}} \int \exp \left[- (x - \bar{x})^2 / 2 S^2 \right] dx$$

donde el intervalo es extendido al correspondiente a la clase i . Para las dos clases extremas, C_1 y C_r , los intervalos serán $(-\infty, X \text{ MIN} - 1/2 P)$ y $(X \text{ MIN} - (i - 3/2) P, +\infty)$ respectivamente.

El tratamiento matemático posterior viene desarrollado en "Métodos Matemáticos en Estadística", de H. Cramer.

Con base en esta hipótesis, se testifican: 1) Datos originales. 2) Datos transformados mediante la aplicación de las funciones a) $y = \ln(x + c)$; b) $y = \ln(x - c)$; c) $y = \log(x + c)$ d) $y = \log(x - c)$; e) X^c ; f) $y = 100x/x$; g) $y = (x - X \text{ MIN}) / (X \text{ MAX} - X \text{ MIN})$; h) $y = \sqrt{x+c}$; i) $y = \sqrt{x/c}$; j) $\arcsin(x/X \text{ MAX})$ k) $y = x - X \text{ MIN}$; l) Transformación opcional.

Obtenidos los distintos valores de χ^2 para las transformaciones, el programa define cuál es la mejor, expone los valores de los datos modificados y dibuja el histograma.

Aprovechándonos de la existencia en el STAT - PACK del sistema de UNIVAC 1108 de la subrutina CHI2N, se ha utilizado ésta para el cálculo de probabilidades asociadas, la cual a su vez - hace uso de los subprogramas RNORM, GENGOF, CHI y GROUP. También se ha utilizado la subrutina CHI para el cálculo de probabilidades correspondientes a los valores de χ^2 encontrados. Asimismo, para el cálculo de los estadísticos de las variables se ha implementado la subrutina ESTAD.

El programa está implementado en FORTRAN V, y preparado para admitir una población constituida por 250 muestras con un total de 50 atributos para cada muestra, aunque pueden ser variadas estas dimensiones de acuerdo con las necesidades de cada problema. Como es natural, se estudiará de forma separada la normalidad de cada uno de los parámetros.

El método operativo es sencillo, pues no consiste más que - en una serie de pasos a través de las sucesivas transformaciones.

Su desarrollo es el siguiente:

- 1) Calcula los estadísticos y la aproximación a la normal mediante la subrutina CHI2N, y plotea el histograma de los datos originales.
- 2) Efectúa las transformaciones y calcula y retiene el valor χ^2 que les corresponde.
- 3) Escoge, como mejor transformación, la que presenta un menor - valor de χ^2 (pueden ser los datos originales).
- 4) Calcula los estadísticos y plotea el histograma de la mejor - transformación.

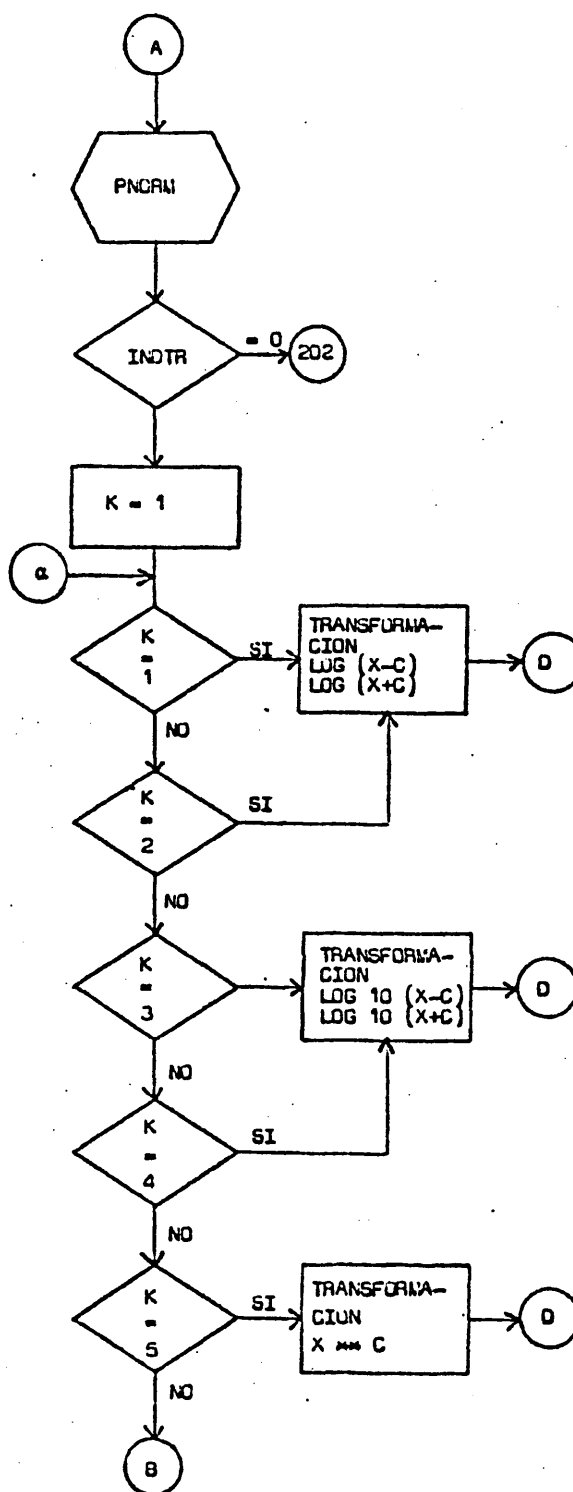
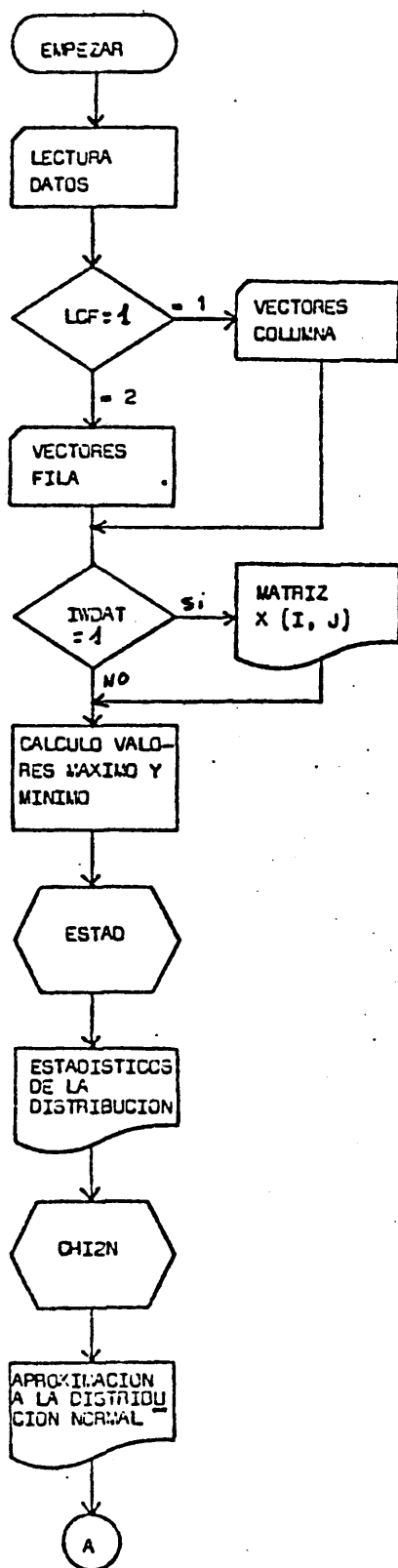
ENTRADA DE DATOS.

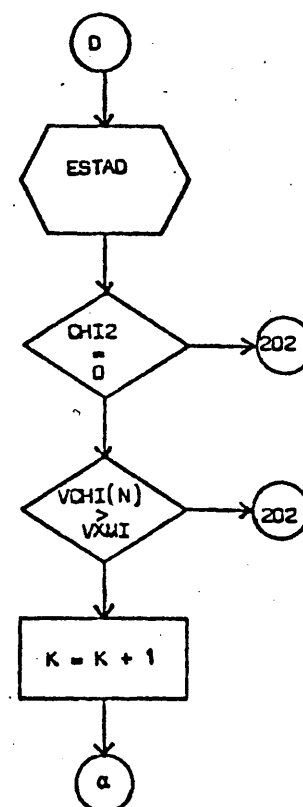
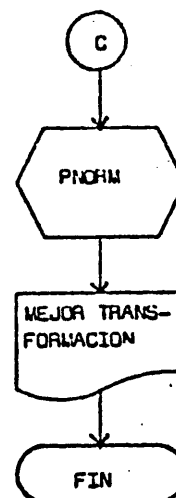
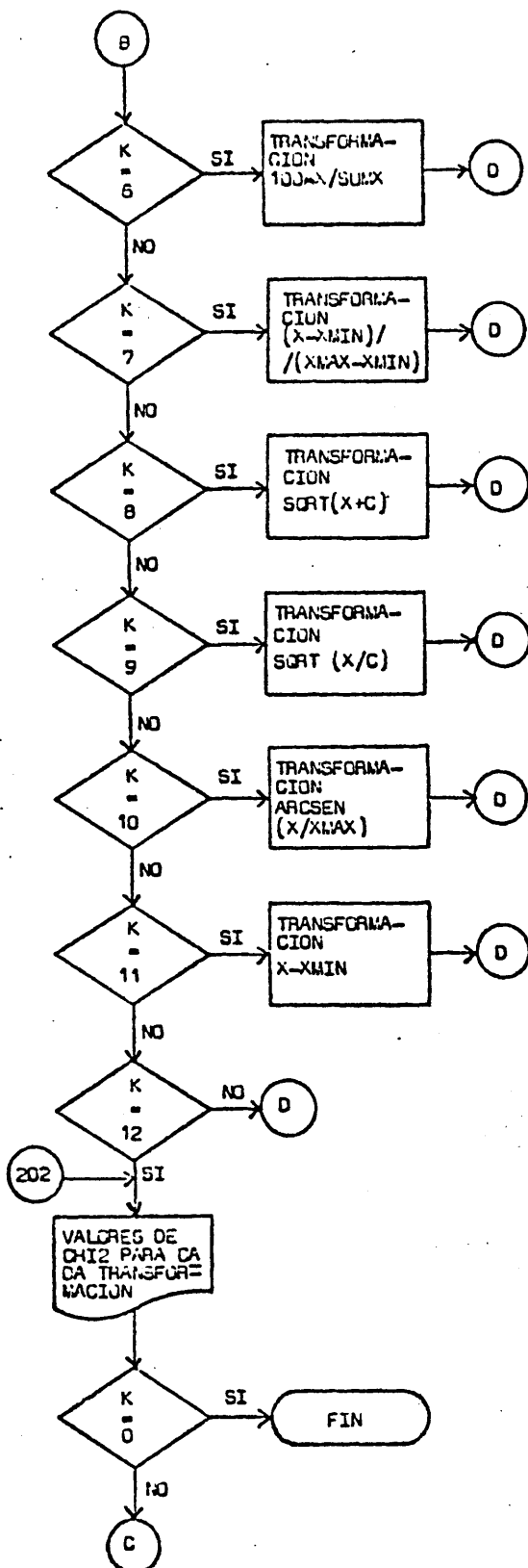
<u>COLUMNAS</u>	<u>FORMATO</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Tarjeta 1ª 1-72	A	TITULO	Título de trabajo
Tarjeta 2ª 1-72	A	FMT	Formato opcional de entrada de datos.
Tarjeta 1-72	A	FMS	Formato opcional de salida de datos.
Tarjeta 4ª 1-72	A	FPT	Formato de entrada de referencias de variables.
Tarjeta 5ª 1-5	I5	NTM	Número de muestras.
6-10	I5	NP	Número de parámetros.
11-15	I5	IWDAT	Opción de escritura de datos Si IWDAT= 1, escribe los datos según el formato suministrado en la tarjeta 4. Si IWDAT= 1, no los escribe.
16-20	I5	LCF	Opción de lectura. Si LCF= 1 los datos serán suministrado por columnas, es decir, los valores correspondientes a cada parámetro están escrito de forma continua en las tarjetas de datos. Si LCF= 1, los valores suministrados son los de las muestras, es decir todos los parámetros de cada una de las muestras, antes de pasar a la siguiente.
21-25	I5	IDTF	Opción de escritura para los datos transformados. Se escribirán si IDTF= 1.

<u>COLUMNAS</u>	<u>FORMATO</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Tarjeta 6ª			
1-5	I5	NUTR	Número de transformaciones que se van a efectuar. El máximo, contando la opcional hemos visto que son 12.
6-65	I5	INDTR(I)	Son doce dígitos, con valor 0 ó 1 que nos indican si la transformación de orden I debe efectuarse. Si INDTR(I)=1, la transformación se realiza.
Tarjeta 7ª			
1-77	12F6.0	C	Se trata de los valores de las constantes que han de ser utilizadas en las transformaciones.
Si LCF = 1			
Tarjeta 8ª y siguiente			
Variable	Variable	NOM(I)	Referencia de las muestras.
Variable	"	X (I,J)	Valores de las variables. Tanto NOM como X regulados por FMT.
Si LCF= 1			
Tarjeta 8ª			
Variable	Variable	NOM(I)	Referencia de variables, con formato FMT.
Tarjeta 9ª y siguientes.			
Variable	Variable	NMV	Referencia de variables, con formato FMT.
"	"	Y (I,J)	Valores de las variables, con formato FMT.

DIAGRAMA de FLUJO de GETEN

Programa principal





IV.2.3.

PROGRAMA GECLUSINTRODUCCION.

Este programa, implementado en FORTRAN V, tiene como objeto la clasificación y agrupación de objetos o muestras representadas por un gran número de caracteres no cuantitativos.

Basado en el programa "PROGRAM FOR Q-MODE CLUSTER ANALYSIS OF NONQUANTITATIVE DATA" de G.F. BONHAN - CARTER, ha sido reelaborado y condicionado para nuestros fines, aun cuando se conserva la metodología original. Se ha adaptado una salida para que mediante otro programa enlazado nos permita obtener una representación gráfica de la agrupación establecida, dibujada por el PLOTTER existente en la J.E.N.

El método de clasificación CLUSTER ha sido utilizado en numerosos campos, siendo en Taxonomía donde mayor importancia ha cobrado. Sin embargo, la particularidad de trabajar con muestras representadas por gran número de caracteres no paramétricos lo hacen particularmente útil en el tratamiento de problemas geológicos en los que las propiedades de las muestras son dadas "a visu", caracterizándolas por su ausencia/presencia, carácter positivo/carácter negativo, etc.,.

METODO

Se basa en la agrupación sucesiva de pares de muestras, - exhaustivamente discutido por Sokal y Sneath en 1.963.

La codificación de las propiedades no cuantitativas se efectúa mediante la convención de representarlas por los números - 2, 1 y 0, donde 2 equivale a la presencia de la propiedad, 1 presupone su ausencia y 0 representa la duda ó carencia de información.

De la comparación de un mismo carácter en dos ejemplares - distintos, decimos que el encuentro o comparación es positiva - si la correspondencia es 2 con 2; será negativa si se corresponde 1 con 1; se dice que la comparación es nula o no válida si se corresponde 2 con 1. Será indiferente y no tomada en cuenta cuañdo uno o dos de los caracteres comparados tome el valor 0.

Comparados uno a uno todos los caracteres representativos de dos muestras, tendremos un cierto número, p, de comparaciones positivas, otro, n, de comparaciones negativas y un tercero, m, para las no comparables.

La determinación de la similaridad entre las dos muestras está previsto efectuarlo con dos coeficientes distintos:

a) Coeficiente de Sokal y Michener, en el que son consideradas todas las comparaciones, tanto positivas como negativas. Se basa en la ecuación

$$S_{SM} = \frac{p + n}{p + n + m}$$

b) Coeficiente de Jaccard, en el que los tipos de comparaciones negativas son ignorados, de modo que el coeficiente se basa en la ecuación

$$S_J = \frac{p}{p + n}$$

Al no tener en cuenta este coeficiente las comparaciones negativas, se obtiene un alto grado de similaridad entre muestras que presenten un elevado número común de ausencia de caracteres.

El rango del coeficiente de similaridad se sitúa entre 1.0, completa similaridad, y 0.0, completa desemejanza.

El programa calcula primeramente las similaridades entre pares de muestras y reitera las comparaciones en sucesivos ciclos, representando a las muestras agrupadas en cada ciclo, la composición intermedia o la media aritmética.

Está previsto un tratamiento ponderando las muestras o no ponderándolas, de tal modo que en este último procedimiento todos los grupos tienen la misma importancia, mientras que en el primero se consideran más importantes las agrupaciones que reúne mayor número de muestras.

En el recorrido del programa se integran, aparte del programa principal, las subrutinas LARGE, RECALC, ORDER y DENDRO.

PROGRAMA PRINCIPAL

En él se establecen las opciones, lectura y escritura de datos, y se calculan las frecuencias de comparaciones, p, n y m, aplicándose posteriormente los coeficientes de SOKAL y MICHENER ó JACCARD.

Presenta llamadas a las subrutinas LARGE, RECALC, ORDER y DENDRO.

SUBRRUTINA LARGE:

En esta subrrutina se escogen los pares o grupos de pares que presentan mayores coeficientes de similaridad.

SUBRRUTINA RECALC:

Sirve para calcular nuevos valores de asociación entre muestras agrupadas previamente. Opcionalmente, efectúa la ponderación de los grupos.

SUBRRUTINA ORDER:

Unicamente sirve para disponer las muestras en el orden correcto para el trazado del dendrograma tras la agrupación efectuada. .

SUBRRUTINA DIBUJO:

Como lógico final, y aprovechando la existencia de un PLOTTE en las instalaciones del Centro de Cálculo de la J.E.N., se ha elaborado un programa especial e independiente de CLUSTER llamado DIBUJO, por el cual se obtiene directamente el trazado del dendrograma. Aunque independiente, su coordinación con CLUSTER es inmediata puesto que aprovecha como datos de entrada la impresión efectuada por CLUSTER en la cinta 9 del sistema.

ENTRADA DE DATOS

<u>COLUMNA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>TIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Tarjeta 1ª			
1-72	TITULO	A	Título del trabajo
Tarjeta 2ª			
1-72	VARIA	A	Nombre específico del trabajo
Tarjeta 3ª			
1-5	NS	I5	Número de muestras
6-10	NT	I5	Número de caracteres
11-15	NDAT	I5	Opción para impresión de los datos. Si NDAT = 1, se imprimen. Si NDAT = 0, no se imprimen.
16-20	KOEF	I5	Opción para el coeficiente de asociación. Si KOEF = 1, coeficiente de Jaccard Si KOEF = 0, coeficiente de Sokal- - Michener.
21-25	NWT	I5	Opción para ponderación. Si NWT = 1, no se pondera. Si NWT = 0, se pondera.
26-30	MATIN	I5	Opción para entrada directa al programa con los coeficientes de similitud previamente calculados. Si MATIN = 1, debe de darse la matriz precalculada.
31-35	MATOUT	I5	Opción para la escritura de la matriz de coeficientes de similitud Si MATOUT = 1, se imprime la matriz Si MATOUT = 0, opción suprimida.
36-40	NOCLUS		Opción para suprimir la agrupación. Si NOCLUS = 1, solo se calculan los coeficientes de similitud, y no se agrupan las muestras. Si NOCLUS = 0, Cluster normal.

<u>COLUMNA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>TIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
41-45	NDORD	I5	Opción para salida de muestras en orden de dendrograma. Si NDORD = 0, no se escribe la matriz. Si NDORD \neq 0, se escribe la matriz.
49-58	KDEN	I5	Opción para obtener impresas las coordenadas de los puntos del DENDROGRAMA. Si KDEN = 2, se escriben. Si KDEN \neq 2, no se escriben.
51-55	ICLVAR	I5	Opción para CLUSTER de variables. Si ICLVAR = 1, se efectúa la comparación de variables. Si ICLVAR \neq 1, comparación entre muestras.
56-60	XLNG	F5.0	Longitud que se desea para el eje del dendrograma correspondiente a las muestras. Si no se suministra, el programa establece una separación de 0,25 cms. entre cada muestra.
70-80	BOTVAL	F10.3	Mínimo valor esperado de similitud. Si se desconoce, el programa establecerá su valor, y en este caso debe darse como dato el valor 10.0.
Tarjeta 3ª	FMT	12A6	Formato opcional de entrada de los datos.
Tarjeta 3ª 1-72	FMS	12A6	Formato opcional con el que se desea que los datos sean impresos
Bloque de tarjetas			
1-x	NAME	FMT	Referencia de las muestras
(x+1)-80	NUM	FMT	Valores 1 ó 2 correspondientes a las características de las muestras.

Los siguientes bloques de tarjetas sólo debe suministrarse en sustitución del anterior, en el caso de MATIN = 1.

Bloque de tarjetas

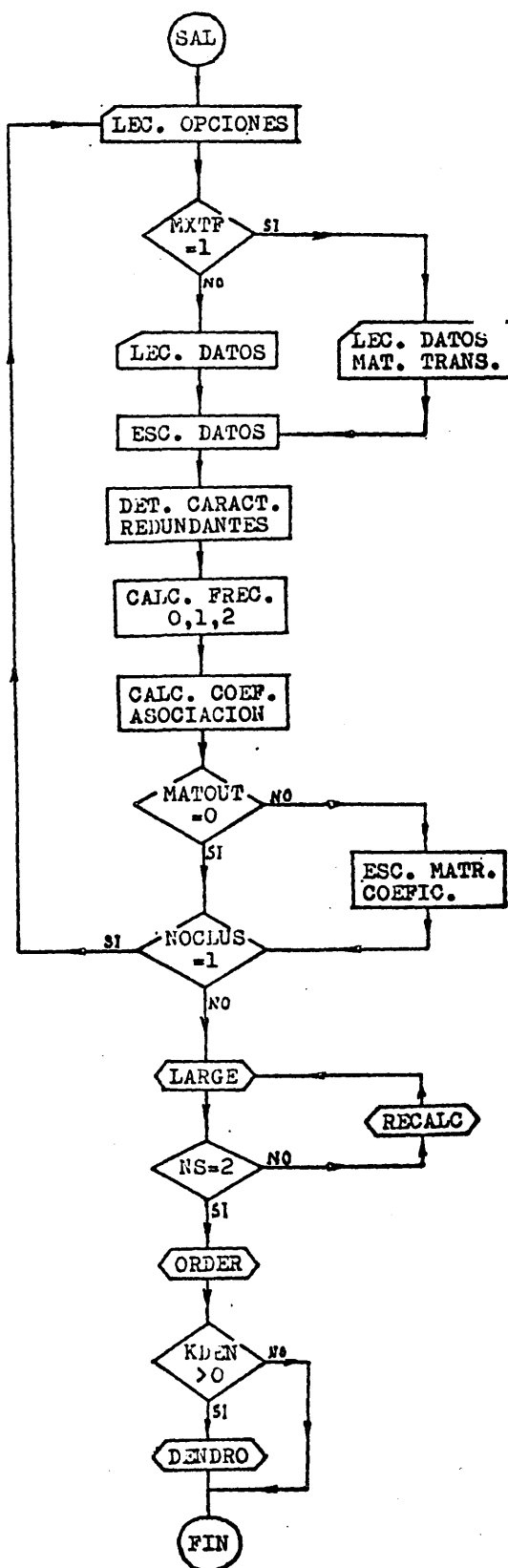
1-72	NAME	A	Referencia de las muestras.
------	------	---	-----------------------------

Bloque de tarjetas

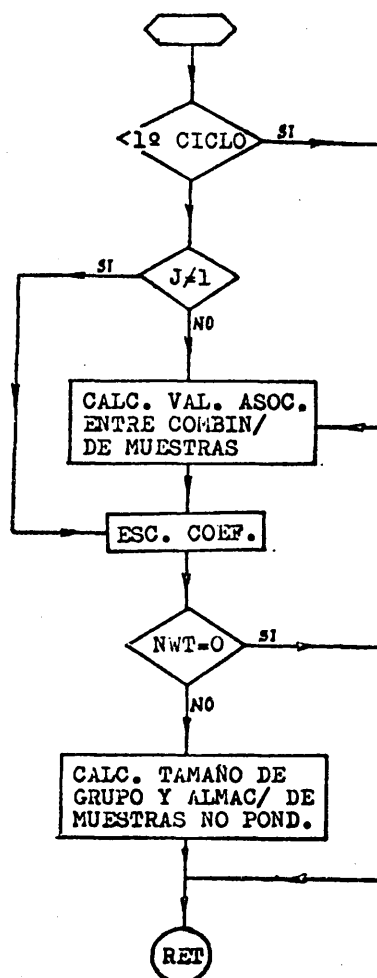
1-80	KOEF	FMT	Matriz de coeficientes de similarida
------	------	-----	--------------------------------------

DIAGRAMA DE FLUJO DE GECLUS

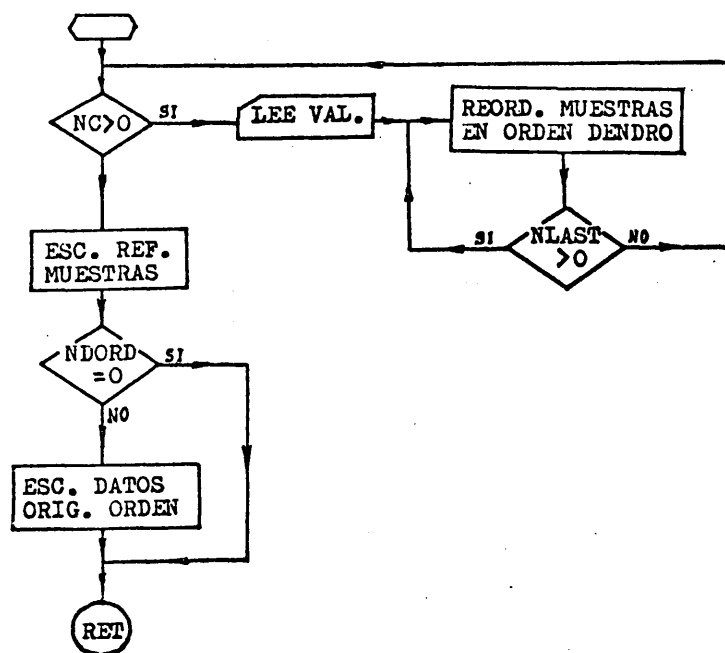
Programa principal



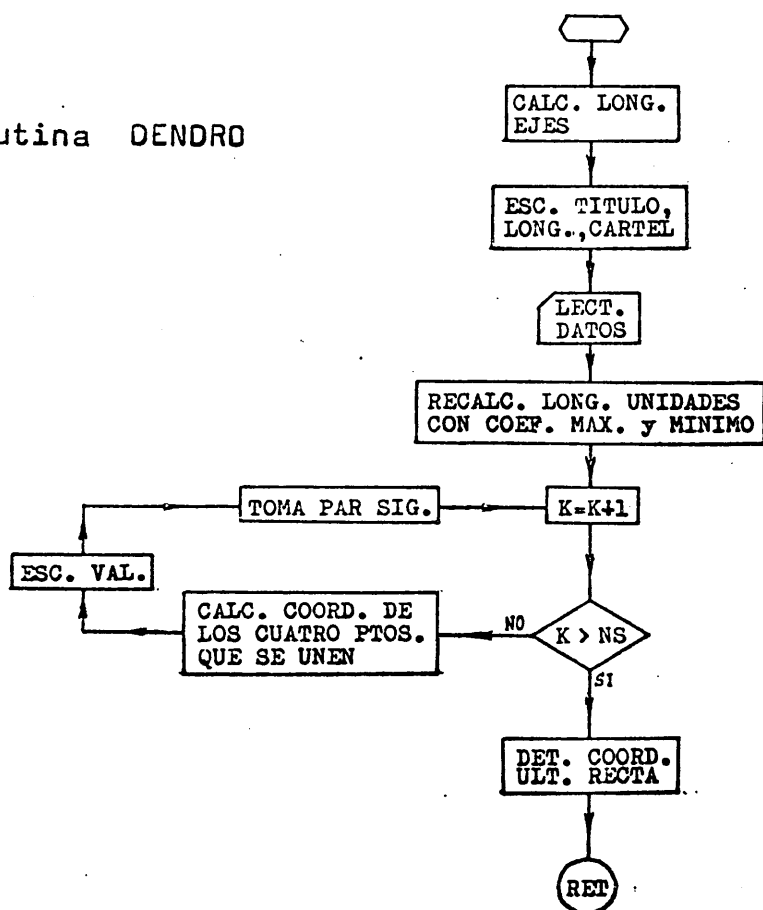
Subrrutina RECALC



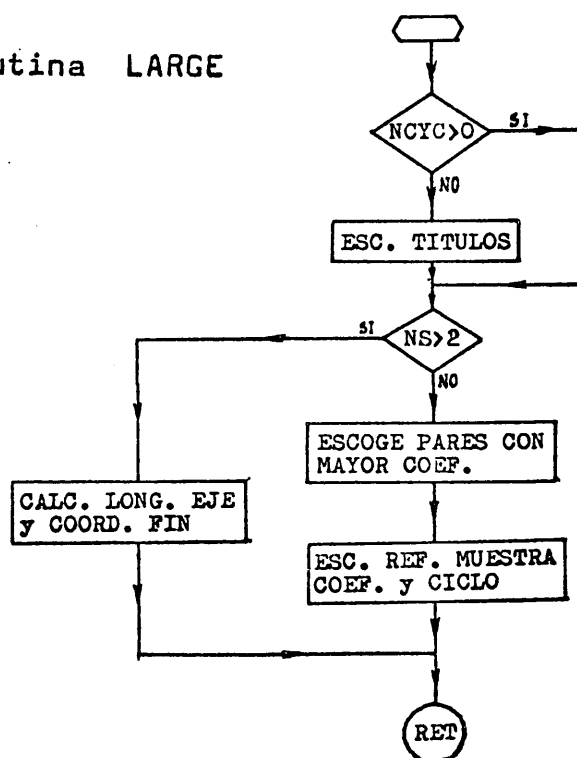
Subrrutina ORDER



Subrutina DENDRO



Subrutina LARGE



IV.2.4.

PROGRAMA GECVARINTRODUCCION

Como se ha indicado en el apartado IV.2.3. en el que se -
presenta el contenido y objeto del programa GECLUS y en IV.2.10.
en el que se expone GECOR, la posibilidad de utilización de un
sistema de clasificación de muestras mediante agrupamientos su-
cesivos de pares mediante coeficientes apropiados, proceso cono-
cido como "clusterización", puede ser utilizado tanto para mues-
tras, constituyendo el método conocido como Q-MODE, como para
variables, según el método conocido por R-MODE.

Puesto que en los problemas geológicos es normal la acumu-
lación de una enorme cantidad de datos, sucede con frecuencia
que la capacidad operativa en memoria de la mayoría de los orde-
nadores comerciales no tiene amplitud suficiente para retener -
todos los datos cuando se trata de enlazar los dos métodos en
un solo programa. Para solucionar este problema, que a nosotros
se nos presentó especialmente en el análisis de los picos de -
difractogramas de rayos X, se implementó el programa GECVAR para
el análisis de correlaciones y agrupaciones entre variables.

METODO

La metodología es análoga a la del programa GECLUS, con la
única variación de que se efectúa inicialmente una inversión -
de la matriz de datos para así tener caracterizadas variables -

por muestras en vez de muestras por variables, y se hace uso -
de periféricos con el fin de eliminar pasos intermedios que man-
tengan ocupada gran parte de la memoria del ordenador.

El resto del programa es análogo a GECLUS, excepto que -
existe la posibilidad de utilizar coeficientes de asociación -
diferentes, más adecuados para el tratamiento de variables.

Aparte de estas pequeñas modificaciones, el programa es -
operativamente análogo a GECLUS, por lo que evitando repeticion-
es no se presentará aquí la estructuración del programa así
como tampoco las opciones de entrada y los diagramas de flujo.

IV.2.5.

PROGRAMACION GECYSINTRODUCCION Y OBJETO DEL PROGRAMA.

Un problema fundamental, frecuente en todos los estudios geológicos, es el determinar si la población muestral general, representativa de una región, corresponde a una sola población o a varias, y en este último caso, conocer cuáles son éstas, cuanto se diferencian y qué parámetros son los que sirven para diferenciar unas de otras.

Este problema, de fácil resolución cuando los atributos son muy diferentes, es arduo y complicado en el caso de que, como en el nuestro, las poblaciones sean aparentemente iguales, o los límites que las definen sean difíciles de determinar. Tratando de dar una solución, hemos construido el programa GECYS

Obtenidas por cualquier procedimiento dos poblaciones, que en adelante llamaremos familias, el programa las compara estableciendo las diferencias entre ellas.

Realmente el programa está pensado con un criterio muy amplio y la definición de las familias puede ser arbitraria, estar constituidas por sólo dos muestras y ser tomadas incluso al azar. Posteriormente, se tratará de agrupar todas las muestras en las distintas familias que sean posibles, aunque en este caso será preciso una posterior comprobación.

Establecidas las diferencias entre las dos familias iniciales, mediante el estudio simple del histograma de distribución de frecuencias y aprovechando el hecho de que la distribución normal se caracteriza por tener un máximo de puntos agrupados en un entorno del valor medio, se separan nuevas familias.

Finalmente, dado que el algoritmo utilizado en la resolución es la función discriminante de Mahalanobis, que permite conocer el aporte de cada uno de los parámetros a la función discriminante, iterando el proceso y eliminando en cada paso los parámetros cuyo aporte a la diferenciación sea menor del 5%, podemos obtener una ecuación discriminante constituida por los parámetros que realmente son significativos en la diferenciación de las dos familias que se trata de comparar.

Aprovechando la amplitud de criterios y el gran poder operativo que constituyen la base del programa, se ha estudiado la posibilidad de que, dada una serie de muestras de posición incierta o indeterminada, nos sea indicado en cuál de las diferentes familias halladas deben ser incluidas.

METODO

El programa es un ensamblaje de subrutinas que realmente pueden ser consideradas cada una de ellas como un programa independiente.

CYSFA. Programa principal

No es más que el aparato de ensamblaje de las diferentes rutinas operacionales. Es la unidad lectora de opciones y datos, y establece llamadas a las subrutinas ESTAD, DIMUL, COPARA, POCAPA y SEPARA, de acuerdo con los valores dados a las opciones.

SUBRRUTINA COPARA

Su entrada puede regularse por la variable IORD. La utilizaremos para determinar la posibilidad de que todas y cada una de la serie de muestras de localización inicial incierta pertenezcan a una u otra de las dos familias en estudio.

Se basa en el cálculo del valor discriminante D para cada muestra y la comparación en el valor RZERO que sirve de índice separador de las dos familias. Según que D sea mayor o menor que RZERO, la muestra será más parecida a una u otra familia.

SUBRRUTINA POCAPA

En esta subrrutina se hace un estudio del aporte de cada parámetro al discriminante, iterando DIMUL según sea el valor de la variable ITNEG tantas veces como sea necesario y eliminando en cada proceso todos los parámetros cuyo aporte al discriminante sea menor del 5%.

Su entrada viene regulada por ITNEG y presenta llamadas a la subrrutina DIMUL.

SUBRRUTINA DIMUL

Es la base funcional de todo el programa, pues en ella se establece el valor del discriminante multivariante.

Como punto de partida se ha tomado el programa "Multivariate Discriminant Analysis" de I.C. Davies y R.J. Sampson, publicado por la Universidad de Kansas en 1.966, programado en Fortran II y adaptado a una computadora IBM 1620. En él, aparte de las modificaciones necesarias para su paso a Fortran V y la preparación para su entrada en IBM 7090 ó UNIVAC 1108, se han hecho otras que

afectan a la misma estructura del programa y se ha añadido una parte para que fuese capaz de utilizar nuestros datos y transferirlos a las otras subrrutinas.

Con DIMUL obtendremos un valor de la F de Fisher, que trasladada a las tablas ordinarias de este estadístico nos proporciona el valor de la probabilidad de semejanza existente entre las dos poblaciones en estudio. Se determina el valor de la función de Mahalanobis, R_0 , que constituye el discriminante entre ambas familias, y el tanto por ciento aportado por cada parámetro a la diferenciación.

SUBRRUTINA ESTAD

Sirve para determinar los estadísticos de las familias, y su esquema es clásico. Determina la media con su error típico y el porcentaje que éste representa, la desviación standard con su error típico y su porcentaje, y el coeficiente de variación.

SUBRRUTINA SEPARA

Efectúa una distribución de frecuencias de los valores que corresponden al parámetro con mayor aporte al discriminante y a partir del histograma separa supuestas familias, tomando como límites entre ellas los mínimos relativos de la curva. A continuación establece, mediante reiteración de DIMUL, las diferencias existentes entre las familias así formadas.

Su entrada viene regulada por el parámetro ITSEP. Presenta llamadas a las subrrutinas ESTAD y DIMUL.

ENTRADA DE DATOS

<u>COLUMNAS</u>	<u>FORMATO</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Tarjeta 1			
1-5	I5	NITP	Número de pares de familias que se trata de comparar.
Tarjeta 2			
1-72	A6	TITULO	Título del trabajo.
Tarjeta 3			
1-5	I5	K	Número de parámetros.
6-10	I5	NF1	Número de muestras en la primera familia.
11-15	I5	NF2	Número de muestras en la segunda familia.
16-20	I5	ITNEG	Variable para regular la entrada a la subrutina POCAPA, eliminando parámetros con aporte 5%. Se efectuará si ITNEG = 1.
21-25	I5	ITSEP	Variable para regular la entrada a la subrutina SEPARA. Se computará si ISEP = 1.
26-30	I5	IORD	Variable para regular la subrutina COPARA. Si su valor es 1, se determina la probabilidad de que una serie de muestras pertenezca a una u otra de las dos familias que se comparan.
31-35	I5	NFIOR	Número de muestras sin clasificar
36-40	I5	MEPAR	Variable utilizada para definir el parámetro con el que se desea que se compute SEPARA. Si su valor es cero, el programa tomará como parámetro de separación - aquél que presente el máximo - aporte al discriminante.

<u>COLUMNAS</u>	<u>FORMATO</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>DESCRIPCION</u>
-----------------	----------------	-----------------	--------------------

Tarjeta 4 y siguientes.

1-72	12A6	PMTRO	Nombre de las variables ó parámetros que definen las muestras.
------	------	-------	--

Tarjeta 5.

1-72	12A6	FMTE	Formato en el que se desea sean - leídas las tarjetas con los datos de entrada.
------	------	------	---

Bloque de NF1 tarjetas

Variable	Variable	NM(I)	Referencia de las muestras de la 1ª familia.
----------	----------	-------	---

Variable	Variable	X(I,J)	Valores de los parámetros J en la muestra I, correspondientes a la 1ª familia.
----------	----------	--------	--

Bloque de NF2 tarjetas

Variable	Variable	NM(I)	Referencia de las muestras de la 1ª familia.
----------	----------	-------	---

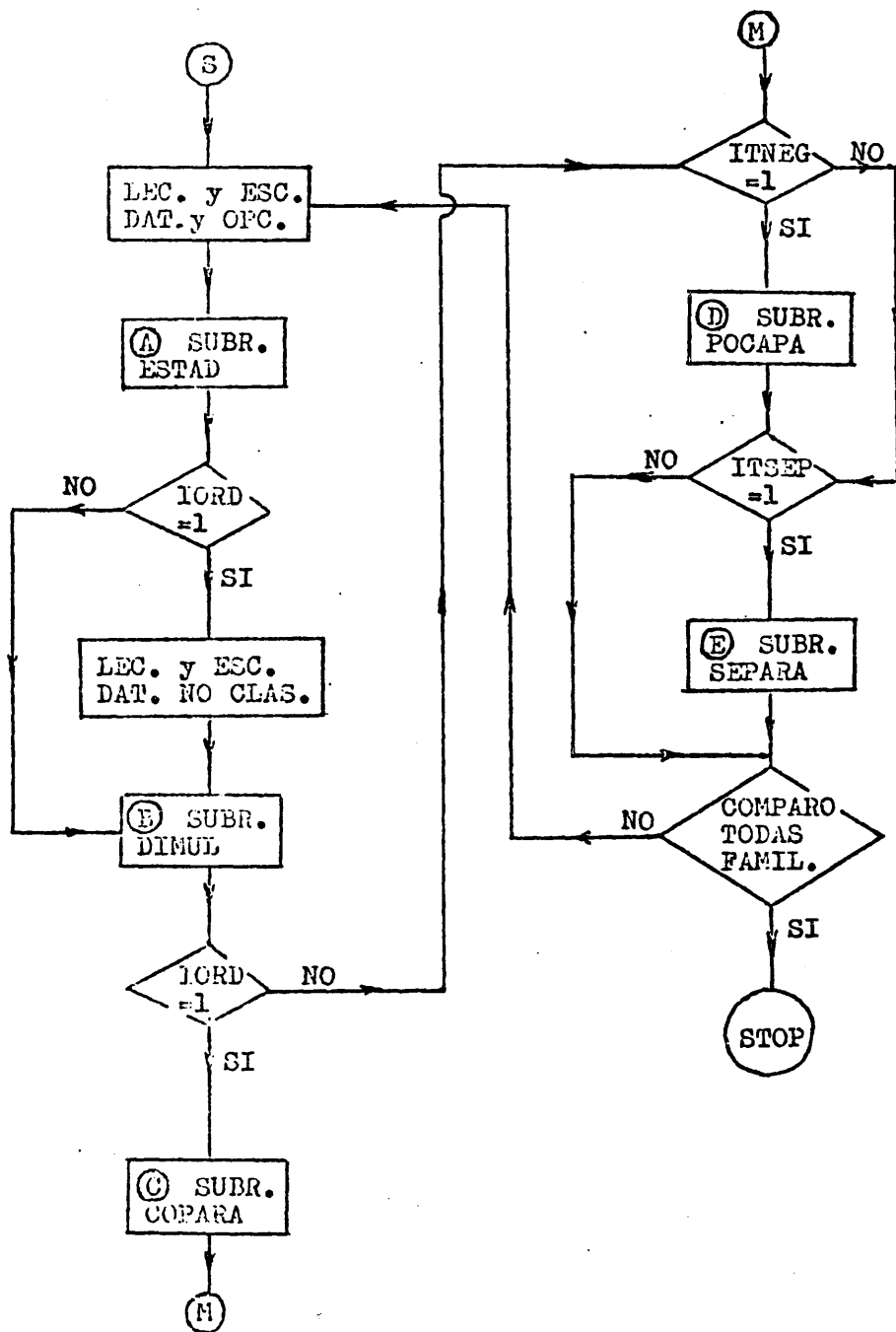
Variable	Variable	X(I,J)	Valores de los parámetros J en la muestra I, correspondientes a la 2ª familia.
----------	----------	--------	--

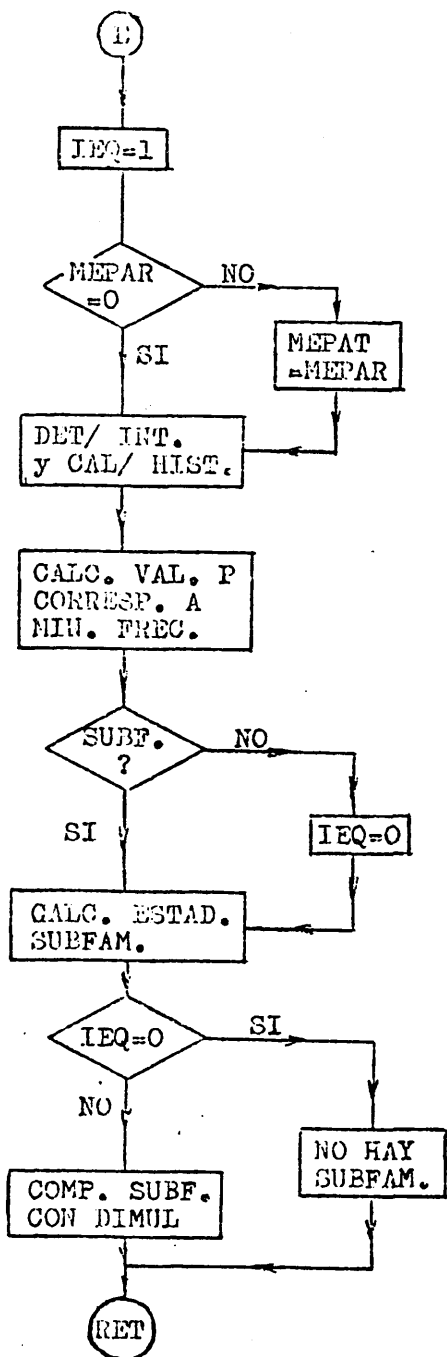
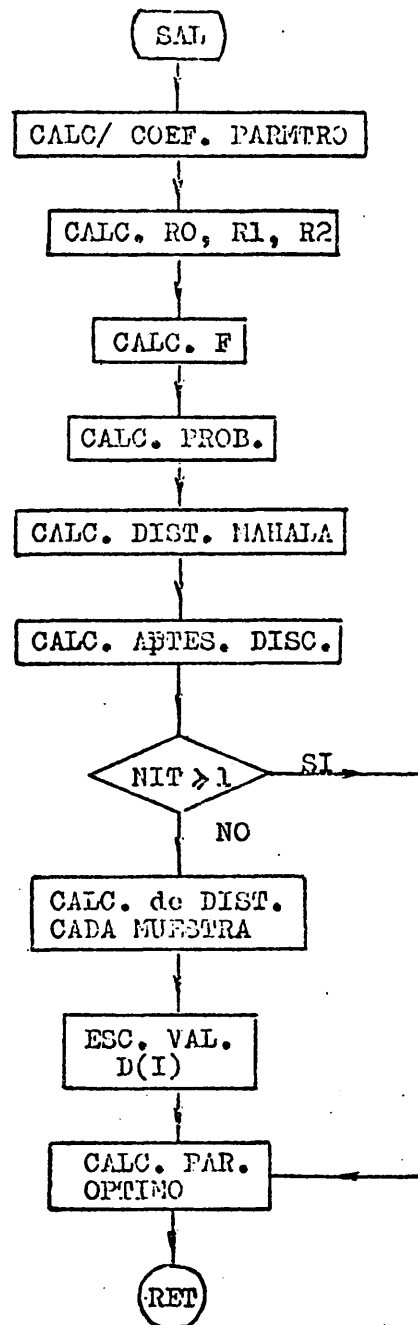
Bloque final de tarjetas

Variable	Variable	NM(I)	Referencia de las muestras no iden- tificadas.
----------	----------	-------	---

Variable	Variable	X(I,J)	Valores de los parámetros J en las muestras I no identificadas.
----------	----------	--------	--

A partir de la tarjeta 2ª, hasta la última de las hasta aquí
reseñadas deben ser repetidas tantas veces como la variable NITP
indique que se vaya a reiterar el programa.

DIAGRAMA DE FLUJO DE GECYSPROGRAMA PRINCIPAL

SUBRRUTINA SEPARASUBRRUTINA DIMUL

IV.2.6.

PROGRAMA GETRESINTRODUCCION Y OBJETO DEL PROGRAMA

En un estudio estadístico en el que intervienen varias variables, es de gran interés conocer cómo se distribuyen las frecuencias de una variable cuando otra permanece constante. Esto es lo que se conoce con el nombre de regresión.

El caso más simple de regresión es el conocido como regresión lineal, por corresponder la ecuación que liga dos variables a una ecuación de primer grado en X e Y. Sería de la forma

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X$$

Si en la ecuación a determinar tratamos de definir la variable Y por más de un parámetro $X_1 \dots X_n$, decimos que estamos efectuando una correlación múltiple. Si la ecuación no responde a una recta, tendremos una correlación no lineal ó polinomial.

Igualmente, una característica interesante será la determinación de la relación existente entre dos variables, conocida genéricamente como coeficiente de correlación. Este coeficiente nos determina la variabilidad conjunta de dos parámetros sin que se presente ninguna medida restrictiva.

El coeficiente de correlación es un número que toma valores dentro del rango + 1 a - 1, de tal modo que a los valores ± 1 les corresponde una perfecta correlación y los valores 0 indican

que no existe ninguna correlación entre los parámetros X e Y. El coeficiente de correlación se define por

$$\rho = \sqrt{\beta \beta'}$$

Siendo β = Coeficiente de regresión de la línea de regresión de Y sobre X.

β' = Coeficiente de regresión de la línea de regresión de X sobre Y.

ó tambien,

$$\rho = \frac{(\mu_{y-x} - \mu_y) \sigma_x}{(x - \mu_x) \sigma_y}$$

Para la determinación de los coeficientes de correlación y las rectas de regresión entre los parámetros estimados se ha hecho uso del programa GETRES.

METODO

Trataremos de determinar, mediante un test de regresión múltiple, la ecuación de regresión que permite correlacionar un parámetro con aquel ó aquellos que lo definen de manera óptima.

En suma, se trata de encontrar la ecuación

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + e$$

determinando cuáles de los coeficientes $\beta_{.i}$ son cero. La hipótesis que hacemos, es:

$$H_0 : \quad \beta_{t+1} = \beta_{t+2} = \dots = \beta_k = 0$$

es decir, que existen $K - t + 1$, términos de β_i que son cero, y por tanto, los parámetros a que corresponden dichos coeficientes no tienen influencia sobre aquél que tratamos de investigar.

En general, el test de evaluación responde a la forma

$$Q = \frac{\sum_{i=t}^K R_i r_i / (K-t+1)}{\hat{\sigma}^2}$$

a partir de la cual,

a) Si $Q > F_{\alpha} (K - t + 1, n - K - 1)$ H_0 debe ser desechada

b) Si $Q \leq F_{\alpha} (K - t + 1, n - K - 1)$ H_0 es cierta.

Este valor de Q es el valor F proporcionado por el programa, y el que realmente trataremos de investigar.

Como modelo operativo, exponemos el siguiente ejemplo:

Supongamos $F = Q = 7.18$,, $K - t + 1 = 2$,, $n - K - 1 = 9$.

Si el nivel de probabilidad que queremos es del 5%, tenemos que $F_{0,05} (2,9) = 4.26$.

Como $Q = 7.18 > F_{0,05} (2,9) = 4.62$, la hipótesis debe ser rechazada.

$K - t - 1 = n^{\circ}$ total de parámetros - $1 - n^{\circ}$ de parámetros válidos = n° de parámetros desechados.

$n = n^{\circ}$ de muestras.

$n - K - 1 = n^{\circ}$ de muestras - n° de parámetros - 1.

El programa presenta un solo programa principal, en el que se hace una llamada a la subrutina interna del sistema Univac - 1108, RESTEM, cuyo soporte matemático es un análisis de la regresión por el método de mínimos cuadrados, basado en la obra de - M.G. Kendal, "Advanced Theory Statistic", Vol. I, Griffin. London. 1.948.

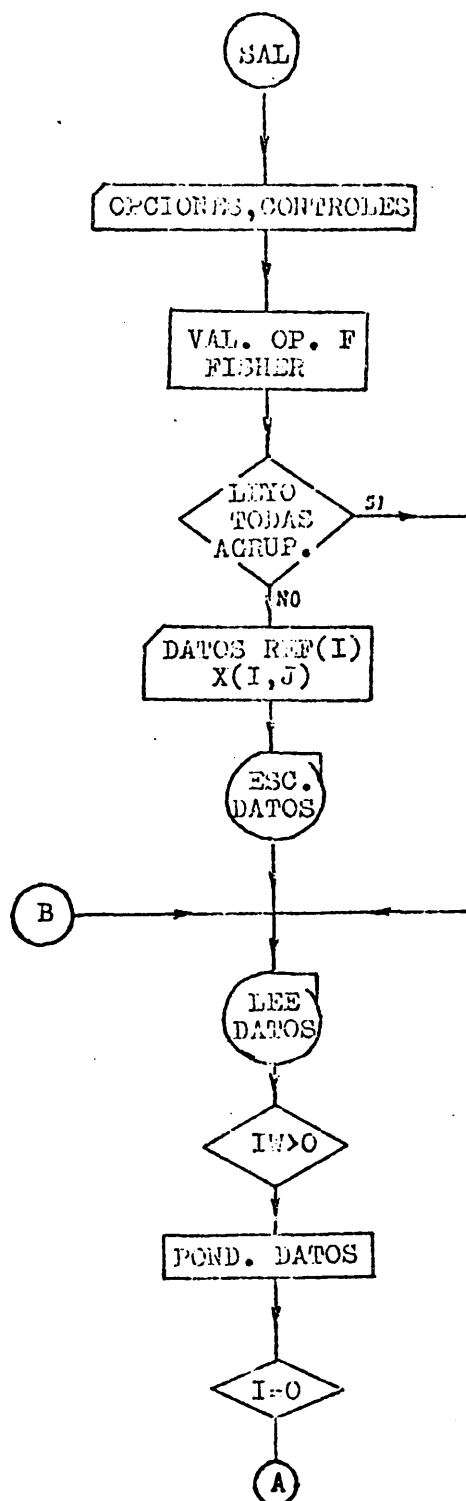
ENTRADA DE DATOS

<u>COLUMNA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>TIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Tarjeta 1ª			
1-5	ITEST	I	Número de referencia del análisis.
6-10	N	I	Número de muestras.
11-15	NP1	I	Número de parámetros.
16-20	IW	I	Indicador de si los parámetros - van a ser ponderados o nó. Si - IW= 1 serán ponderados.
21-25	LIMIT	I	Indicador del número máximo de pa- rámetros que pueden entrar a for- mar parte de la definición de otro.
26-30	NVATR	I	Número de parámetros cuya ecuación de regresión se quiere identificar Hay que tener en cuenta que el - programa determinará primero la - ecuación del parámetro situado en última posición y tras una trans- mutación de la matriz de datos se- guirá el orden 1,2,3... n-1. Si NVATR= 0, efectuará la regresión para todos los parámetros.
31-35	EFIN	R	Valor de F necesario para que una variable entre en la regresión.
36-40	EFOUT	R	Valor de F necesario para que una variable no sea utilizada en la regresión. Si EFIN= 0 y EFOUT = 0, se computan todas las variables.

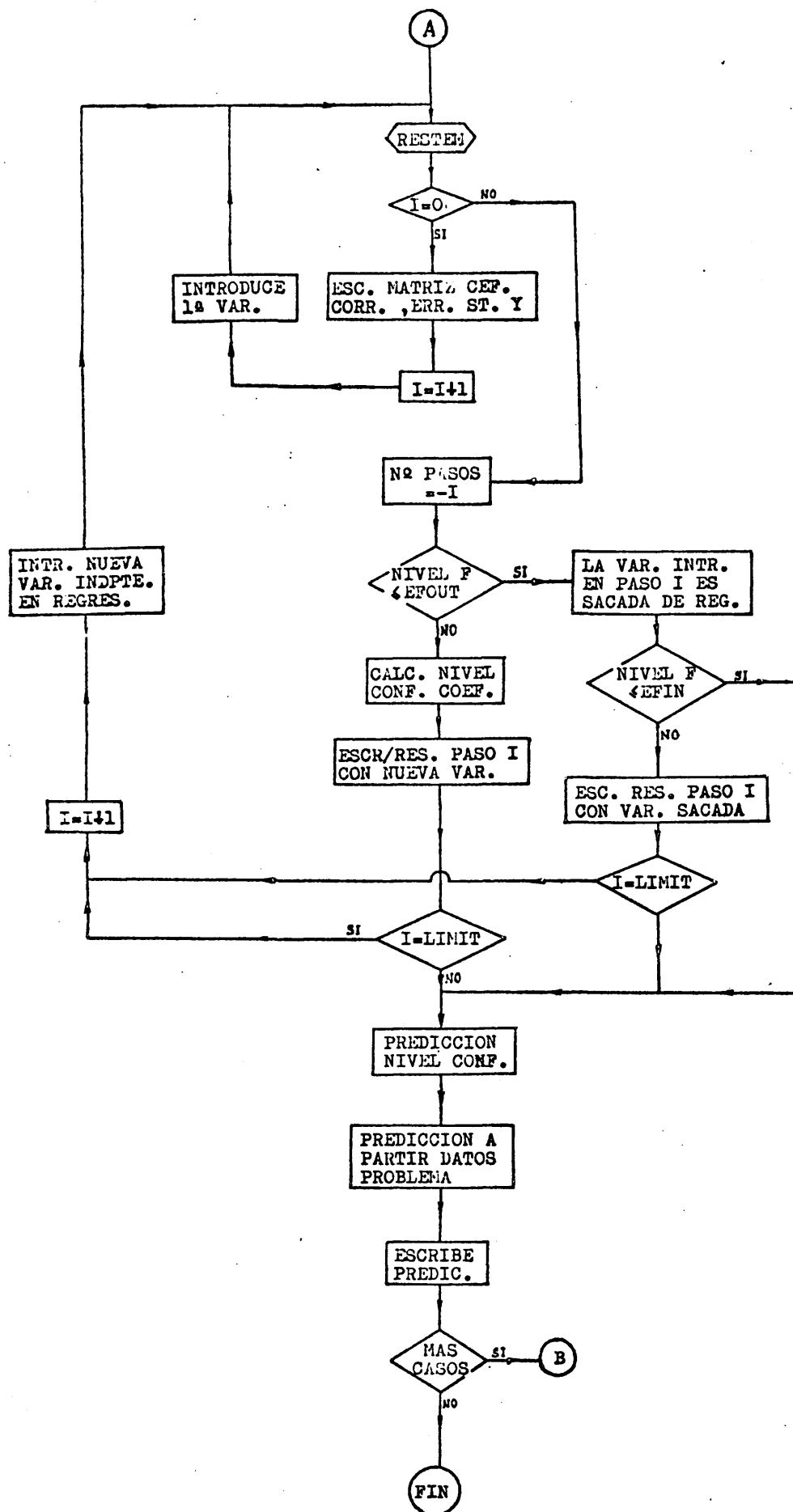
<u>COLUMNA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>TIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Tarjeta 2ª			
1-72	VAR	A	Nombre de los parámetros.
Tarjeta 3ª			
1-72	FMT	A	Formato de entrada de datos REF y X .
Tarjeta 4ª			
1-72	FMS	A	Formato de salida de datos.
Tarjeta 4ª y siguientes			
Variable	REF (I)	Variable	Referencia de las muestras.
Variable	X (I,J)	R	Valores de los parámetros J en las muestras I.
Si IW = 1, se colocarán las tarjetas siguientes:			
Variable	W (I)	R	Factores de ponderación del pa- rámetro cuya regresión se está efectuando.

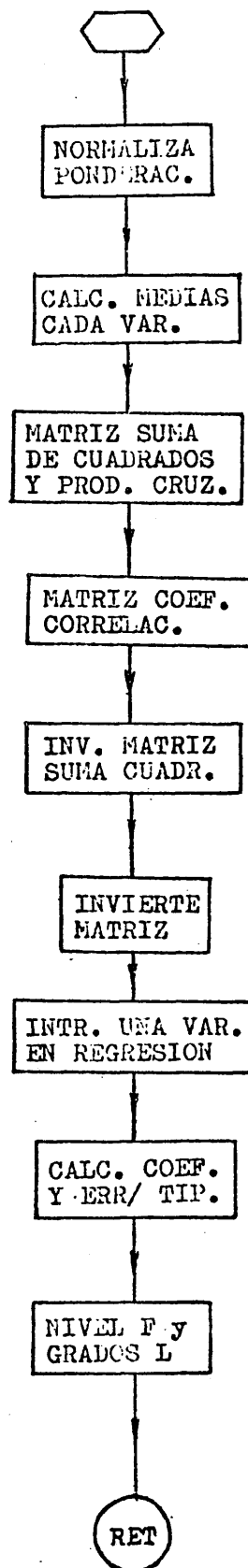
DIAGRAMA DE FLUJO DE GETRES

Programa PRINCIPAL



P. PRINCIPAL (Cont.)



Subrutina RESTEM

IV.2.7.

PROGRAMA GESTADINTRODUCCION.

Como norma de todo el tratamiento estadístico efectuado en este trabajo se han utilizado de forma continuada los estadísticos más corrientes y elementales presentes en todos los tratados y trabajos de Estadística.

Aunque aparecen incluidos en cada uno de los demás programas donde sea preciso utilizarlos, están allí integrados en el conjunto de un contexto específico de orientación definida, y puesto que en ocasiones era necesario tenerlos simplemente como términos comparativos y por separado, se han implementado el programa GESTAD.

METODO.

El programa calcula, de acuerdo con los métodos normales, la media aritmética, la desviación típica, coeficiente de variación y los errores absolutos, y en porcentaje inherentes al cálculo de cada uno de estos estadísticos. Las aplicaciones matemáticas utilizadas, han sido:

$$\text{MEDIA } \mu = \sum X/N$$

$$\text{DESVIACION TIPICA } \sigma = \sqrt{\sum (X - \mu)^2 / N - 1}$$

$$\text{COEFICIENTE DE VARIACION, C.V.} = \sigma/\mu$$

$$\text{ERROR DE LA MEDIA } E\mu = \sigma/\sqrt{N}$$

$$\text{" LA DESVIACION } E\sigma = \sigma/\sqrt{2N}$$

$$\text{COEFICIENTE DE VARIACION MEDIO } \overline{\text{C.V.}} = \sum \text{C.V.} / N$$

También el programa establece una jerarquización de parámetros, entendiendo por tal una ordenación de los parámetros que definen a una agrupación muestral, según un orden creciente de los valores de los coeficientes medios de cada uno de los parámetros.

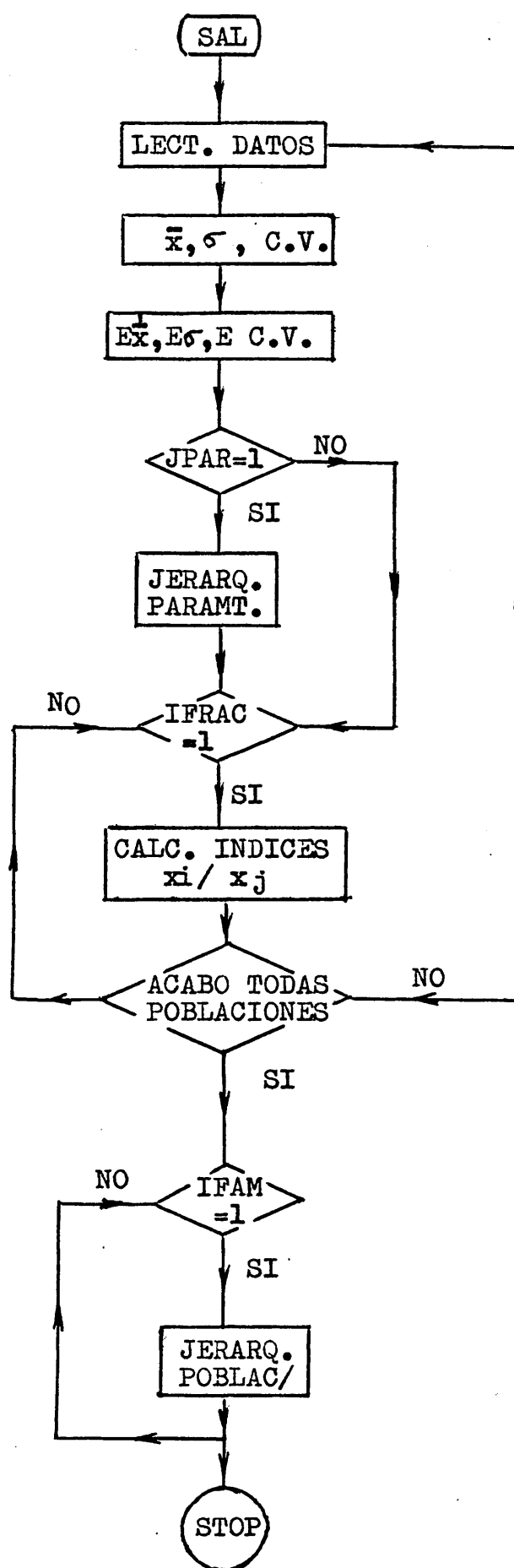
Asimismo, establece un orden de definición de poblaciones muestrales en el supuesto de que el estudio se efectúe sobre varias de ellas de forma encadenada, de acuerdo con los valores de los coeficientes de variación medios definidos para cada una de ellas.

Como dato opcional se ha programado el cálculo de índices del tipo X_i/X_j , $i=1, n-1$, $j=2, n$ para poder establecer posibles correlaciones por correspondencia biunívoca entre parámetros y determinar su constancia en todas las poblaciones muestrales estudiadas.

ENTRADA DE DATOS.

No hay restricciones en cuanto al número de muestras y al número de variables que las definen, así tampoco la hay en cuanto al número de poblaciones muestrales que pueden ser estudiadas en un mismo RUN.

<u>COLUMNA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>TIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Tarjeta 1ª			
1-72	TITULO	A	Título ó nombre de la población muestral que se vá a estudiar.
Tarjeta 2ª			
1-5	NM	I5	Número de muestras de la población.
6-10	K	I5	Número de parámetros.
15	IFRAC	I5	Operador opcional. Si IFRAC=1, - efectuará el cálculo de índices X_i/X_j .
20	IPAR	I1	Operador opcional. Si IPAR=1, efec- tuará la jerarquización de paráme- tros.
25	IFAM	I1	Operador opcional. Si IFAM=1, efec- tuará la jerarquización de pobla- ciones muestrales.
Tarjeta 3ª y siguientes.			
1-72	REV	A6	Referencias de los parámetros.
Tarjeta 4ª			
1-72	FMT	A	Formato de lectura de datos.
Tarjeta 5ª			
1-72	FMS	A	Formato de escritura de datos.
Tarjeta 6 y siguientes.			
Variable	REF	Opcional.Referencia de las muestras.	
Variable	X	Opcional.Valores de los parámetros.	

DIAGRAMA DE FLUJOGESTAD
=====

IV.2.8.

PROGRAMA GELAUURAINTRODUCCION Y OBJETO DEL PROGRAMA

En los análisis de datos no cuantificados efectuados en este trabajo era preciso hacer el análisis de frecuencias de presencia /ausencia de los parámetros que definen a cada una de las poblaciones y con el fin de automatizar el proceso se ha implementado el programa GELAUURA.

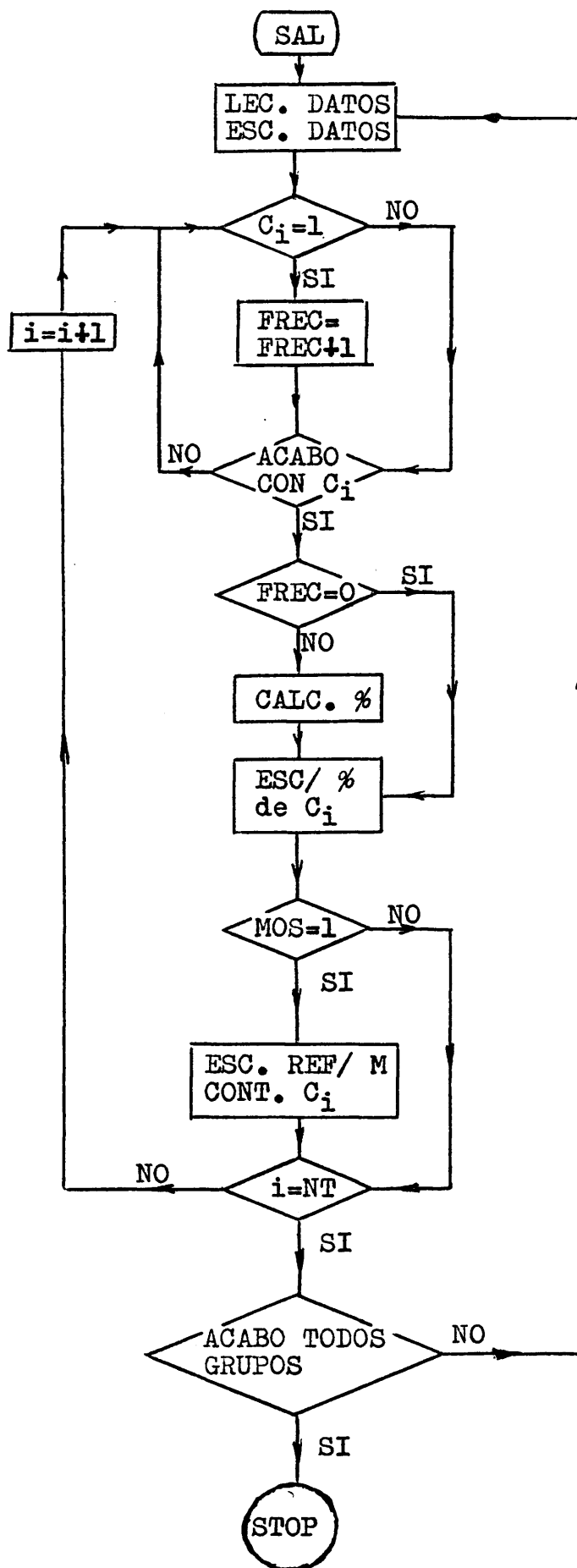
METODO

El programa simplemente calcula las frecuencias de presencia /ausencia de cada una de las variables que sirven para definir una población expresándolas en tantos por ciento y señala las muestras en las que la presencia es positiva.

ENTRADA DE DATOS

<u>COLUMNA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>TIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Tarjeta 1ª			
1-5	NCOM	I5	Número de poblaciones que van a ser analizadas.
Tarjeta 2ª			
1-72	TITULO	A	Título ó nombre de cada una de las poblaciones.

<u>COLUMNA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>TIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Tarjeta 3ª			
1-5	NS	I5	Número de muestras presentes en la población.
6-10	NT	I5	Número de parámetros.
11-15	MOS	I5	Operador opcional. Si Mos= 1, escribe las referencias de las muestras en que el parámetro i está presente.
Tarjeta 4ª			
1-72	FMT	A	Formato de entrada de datos.
Tarjeta 5ª			
Variable	NOM	Variable	Referencia de las muestras.
Variable	C	"	Datos de los parámetros. Si C =2, indica que el parámetro está presente. Si C= 1, indica parámetro ausente. Si C= 0, no analizado.

DIAGRAMA DE FLUJOGELAUURA
=====

IV.2.9.

PROGRAMA GENATIINTRODUCCION Y OBJETO DEL PROGRAMA.

En alguno de los estudios de los parámetros analizados en el presente trabajo, fundamentalmente en aquellos de los que sólo se dispone de datos no paramétricos, no es posible hacer uso de los cálculos de asociaciones utilizados en otros programas, por lo - que ha sido necesario buscar otro procedimiento que trabajara con frecuencias..

Esta búsqueda ha quedado resumida en el programa GENATI que efectúa una ordenación de muestras representadas por datos no paramétricos y establece, a través de un análisis de frecuencias, - los coeficientes de contingencia entre parámetros.

METODO

El método está basado en la exposición presentada por J.C. Griffiths en "Scientific Method in Analysis of Sediments", pág. 348-352, utilizando el test de significación del estadístico χ^2 para la elaboración de tablas de contingencia, hecho éste constatado y utilizado por primera vez en aplicaciones geológicas por Eisenhart en 1.935.

El problema consiste en dilucidar si las observaciones, codificadas según determinados atributos, son independientes. Para -

una mejor definición del proceso, lo expondremos mediante un ejemplo:

Sean N observaciones (muestras) en las que se determinan las frecuencias en que aparecen los atributos A, G, B, D. Si a la frecuencia con que aparecen unidos los atributos A y B lo llamamos (AB), a las de A y D la llamamos (AD), etc, podemos representar - la tabla adjunta:

Si no existe relación entre A y B, debemos esperar que haya igual proporción de A unidos con B que con D, y podemos decir que A y B son independientes. De este modo, se puede establecer como criterio de independencia

		Atributo 1		Total
		B	D	
Atributo 2	A	(AB)	(AD)	(A)
	C	(CB)	(CD)	(C)
Total		(B)	(D)	N

$$\frac{(AB)}{(B)} = \frac{(AD)}{(D)}$$

ó lo que es igual,

$$1 - \frac{(AB)}{(B)} = 1 - \frac{(AD)}{(D)} = (B) - \frac{(AB)}{(B)} = (D) - \frac{(AD)}{(D)}$$

Análogamente, para G, tendremos:

$$(CB) / (B) = (CD) / (C)$$

y de ambas, se deduce:

$$\frac{(AB)}{(B)} = \frac{(AB)}{(B)} + \frac{(AD)}{(B)} + (D) = \frac{(A)}{N}$$

Tal como señalan Yule y Kendall hay otras relaciones equivalentes, entre las cuales la más conocida es: "Si los atributos A y B son independientes, la proporción de AB en la población es igual a la proporción de A multiplicada por la proporción de B", es decir,

$$\frac{(AB)}{N} = \frac{(A)}{N} \times \frac{(B)}{N} \quad (1)$$

Esta será la regla fundamental utilizada para caracterizar la independencia de los parámetros mediante un análisis estadístico.

Supongamos ahora que A y B no son independientes, sino que existe una regla que de alguna manera los asocia. En este caso, podemos escribir (Yule y Kendall)

- 1) Si $(AB) > \frac{(A)(B)}{N}$ A y B están asociados positivamente (2)
- 2) Si $(AB) < \frac{(A)(B)}{N}$ A y B están asociados negativamente (3)

Estas fórmulas las podríamos expresar diciendo que "A y B están asociados sí, y sólo si aparecen juntos en mayor número de ocasiones de las que pudiera esperarse si fueran independientes".

Ateniéndonos a este enunciado y teniendo en cuenta la ecuación (1), podemos determinar (AB) conociendo (A), (B) y N, suponiendo que los atributos son independientes, pues será:

$$(AB) + (AD) = A \quad \text{y} \quad (CB) + (CD) = (C)$$

Tenemos pues que fijado uno de los valores (AB), (AD), (CB) y (CD) y el total N, quedan fijados todos los demás.

Podremos asimismo calcular una tabla de frecuencias esperadas en el caso de que se presuponga que son independientes.

Con los valores esperados así obtenidos y las frecuencias reales observadas puede calcularse el valor del estadístico χ^2 mediante el cual podemos contrastar la probabilidad de que la hipótesis planteada, la independencia de los atributos, sea cierta.

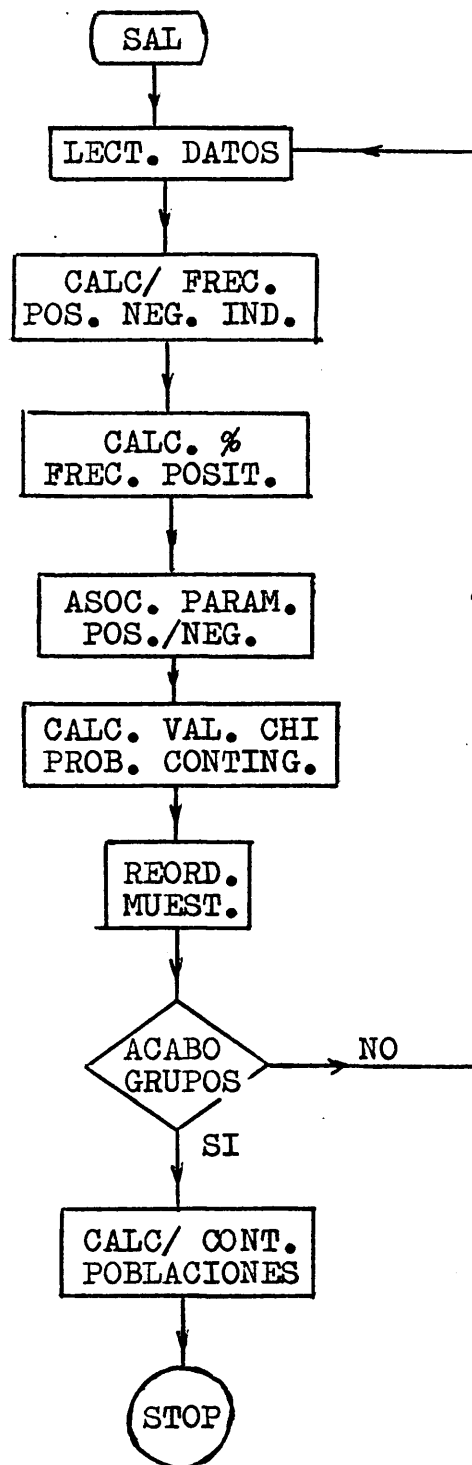
Las ecuaciones (2) y (3) servirán para testificar si la asociación entre atributos es positiva o negativa, o lo que es igual, si la presencia de uno determinado implica, respectivamente, la presencia ó ausencia de otro.

Como apéndices se han programado una reordenación de las muestras de cada población estudiada según la frecuencia y coincidencia de atributos positivos, y también el cálculo de la contingencia entre las posibles poblaciones muestrales estudiadas, parámetro a parámetro y según la suma total de todos ellos, utilizando también el estadístico χ^2 .

ENTRADA DE DATOS

<u>COLUMNA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>TIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Tarjeta 1ª			
1-72	TITULO	A	Título de la población a estudiar.
Tarjeta 2ª			
1-72	FMT	A	Formato de entrada de datos
Tarjeta 3ª			
1-72	FMS	A	Formato de escritura de datos.

<u>COLUMNA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>TIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Tarjeta 4ª 1-72	FMV	A	Formato de entrada de los nombres de las variables o parámetros.
Tarjeta 5ª 1-5	NM	I5	Número de muestras de la población.
6-10	NP	I5	Número de parámetros o variables.
Tarjeta 6ª Variable	VAR	Variable	Referencia o nombres de las variables, con formato FMV.
Tarjeta 7ª Variable	RF	Variable	Referencias de las muestras.
"	IP	"	Valores de los parámetros. Por tratarse de datos no paramétricos normalmente se adopta 2 para presencia, 1 para ausencia y 0 para duda ó sin datos.

DIAGRAMA DE FLUJOGENATI

IV.2.10. PROGRAMA GECOR

INTRODUCCION Y OBJETO DEL PROGRAMA

Como ya hemos indicado en el apartado correspondiente, el proceso de "clusterización" o agrupación sucesiva de pares de muestras fué discutido exhaustivamente por Sokal y Sneath en 1.963, aplicándolo a clasificaciones taxonómicas, con muestras caracterizadas por atributos no cuantitativos.

Con datos cuantitativos puede ser utilizado igualmente este procedimiento, sin mas que cambiar la fórmula de los coeficientes de correlación utilizados para determinar la similaridad entre muestras (Q-Mode) o entre variables (R-Mode).

Son pocos los tipos de coeficientes que son utilizados en Geología, siendo los más corrientes el coeficiente de correlación momento-productos, el coeficiente de distancia y el coeficiente $\cos \theta$.(Harbaugh & Merriam, 1.958).

METODO

El proceso de tratamiento de datos es análogo al del programa GECLUP, por lo que no le prestaremos más atención. Sólomente expondremos aquí el fundamento de los tres métodos de determinación de los coeficientes de similaridad que son más utilizados.

A) Coeficiente de Pearson o de correlación por momentos - productos: Está basado en la medida en que puede asociarse una línea recta a una nube de puntos expresados por dos dimensiones. Puede alcanzar valores de -1.0 a +1.0, indicando ± 1.0 que los puntos definen perfectamente una línea recta, mientras que el valor 0.0 indica completa disociación o no correlación.

La fórmula del coeficiente viene dada por

$$r = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i}{n} - \bar{X} \bar{Y}}{S_X S_Y}$$

Donde r = Coeficiente de correlación

X_i e Y_i = Variables

\bar{X} e \bar{Y} = Medias de los valores X e Y

S_X y S_Y = Desviaciones estándar

N = Número de valores.

B) Coeficiente de distancia: Expresa el concepto de distancia o medida cuantificada de la separación entre dos puntos en un sistema de coordenadas, de tal modo que a menor distancia - corresponde un mayor grado de similaridad y viceversa.

El concepto de distancia se obtiene mediante una generalización del teorema de Pitágoras, ampliándolo a un espacio n -dimensional, de modo que

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{i1} - X_{i2})^2}$$

Como generalmente a los coeficientes de similaridad se les suele situar en un rango comprendido entre 0.0 y 1.0, para conseguir esto se utiliza, como fórmula de la distancia, la transformada

$$d = 1 - \frac{\sqrt{\sum (x_{i1} - x_{i2})^2}}{n}$$

donde d = Coeficiente distancia

n = Número de variables

x_{ij} = Variables

Hay que tener en cuenta que para que la fórmula sea válida, los valores x_{ij} deben ser, necesariamente, positivos y menores que 1, por lo que generalmente es preciso efectuar una transformación de las variables.

Existe una relación matemática entre el coeficiente de Pearson y el de distancia, expresada por

$$r = 1 - \frac{d^2}{2(n-1)}$$

C) Coeficiente de Imbrie y Purdy, $\cos \theta$: Se ha utilizado en la comparación de muestras y también en la correlación de variables, aunque en este último caso es preferible utilizar uno de los dos anteriores.

Representa la relación angular existente entre dos muestras representadas por dos vectores en un sistema de coordenadas n -dimensional. El ángulo de separación puede variar entre 0° , con coeficiente de correlación 1.0 y completa similaridad, y 90° , con coeficiente 0.0 y completa disimilaridad.

La fórmula representativa de $\cos \theta$, es:

$$\cos \theta_{pq} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ip} x_{iq}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ip}^2 \sum_{i=1}^n x_{iq}^2}}$$

donde p y q = Muestras que van a ser comparadas.

n = Número de variables.

La ENTRADA DE DATOS y el DIAGRAMA DE FLUJO son análogos a los de GECLUS, por lo que no los representamos.

V. TRATAMIENTO ESTADISTICO
DE DATOS.

V.1.

INTRODUCCION

Para conseguir la máxima amplitud posible en el conocimiento de las rocas presentes en la zona en estudio, se han realizado diferentes análisis de las muestras recogidas en el campo para efectuar con ellos los tratamientos estadísticos que se han presentado en el capítulo PROGRAMACION.

Estos diferentes tipos de análisis, han sido:

- 1º) Datos geomorfológicos.
- 2º) Datos químicos cuantitativos a partir del análisis de muestras, mediante el cuantómetro de la División de Química de la J.E.N.
- 3º) Análisis cuantitativo de coordenadas de color.
- 4º) Análisis químico de contenido en U_3O_8 .
- 5º) Determinación de componentes metálicos y semi-metálicos mediante análisis semicuantitativos.
- 6º) Determinación de Eh, pH y rH de las rocas.
- 7º) Datos cualitativos de estudio al microscopio polarizante de láminas delgadas de rocas.
- 8º) Estudio de difractogramas de rayos X.
- 9º) Determinación de la densidad.

Como vemos, se han obtenido en los análisis dos tipos de datos, unos cuantitativos y otros cualitativos, por lo que será preciso establecer también dos formas de tratamiento diferentes, para deducir de cada uno de ellos el máximo posible de información.

De acuerdo con esta idea, el estudio estadístico ha sido realizado según el siguiente esquema:

DATOS CUALITATIVOS:

- 1) Aplicación del programa CLUSTER Q-MODE.
Con este tratamiento tratamos de obtener una diferenciación de las distintas poblaciones que componen el Universo muestral, estableciendo unos índices de asociación entre muestras y entre agrupaciones muestrales.
- 2) Donde el número de parámetros permitía una clara definición entre sus posibles asociaciones se ha efectuado un análisis CLUSTER R-MODE, estableciéndose índices de asociación entre variables.
- 3) En algún caso se ha reiterado un segundo análisis CLUSTER Q-MODE de las poblaciones muestrales separadas, obteniéndose así una observación sobre la no incidencia de algunos parámetros en alguna de las agrupaciones anteriormente obtenidas.
- 4) Aplicación del programa GENATI.
- 5) Otros programas como GELAURA, GECLAS, etc.

DATOS CUANTITATIVOS:

Los datos cuantitativos geomorfológicos obtenidos a partir del análisis de alturas en cada una de las celdas en que se divide el mapa topográfico mediante una malla cuadrada de 1 Km. de amplitud, reciben un tratamiento mediante el programa TOPO, específico y diferente al del resto de datos cuantitativos; éste tratamiento especial es el que se presenta en el apartado siguiente, V.2.

Para todos los demás datos, el proceso es igual, y podemos diferenciar:

1) Como primera fase de algunos tratamientos estadísticos, es necesario determinar si las series de observaciones efectuadas presentan o no ajuste suficiente a la curva gaussiana de la distribución normal. Para determinar esto se efectúa un tratamiento mediante el programa GETEN, que además, en el caso de que la distribución de frecuencias no sea lo suficientemente buena, tratará de encontrar y seleccionar una función de aplicación que proporcione la mayor probabilidad de aproximación a la normalidad.

2) Aplicación del programa GECLUP. Mediante los índices de Imbrie, se obtiene una separación del Universo muestral en diferentes agrupaciones menores e incluso subagrupaciones que corresponderán a diferentes litologías ó al menos a peculiaridades específicas en relación con los parámetros analizados. Obtendremos unos índices de asociación entre las muestras y entre las agrupaciones muestrales.

3) Si se considera que el cálculo de los índices de asociación entre parámetros puede ser de alguna utilidad, bien por su facilidad de estudio por su reducido número, o bien porque nos interesa específicamente la relación existente entre alguno de ellos y el resto, se ha efectuado un GECVAR para variables.

4) Puesto que el programa GECLUP permite calcular las diferentes agrupaciones de acuerdo con los datos originales y con los datos transformados mediante las funciones $y = \log(x)$, $y = \text{Arc sen } x$, $y = \sqrt{x}$, etc, es necesario decidir cuales de los sistemas de agrupaciones obtenidos es el óptimo. Para ello, se ha atendido a las dispersiones dadas por σ y el coeficiente de variación σ/μ , determinadas con el programa GESTAD.

5) Para encontrar la asociación ó dependencia de cada uno de los parámetros con los demás se han calculado mediante GETRES los índices de correlación y las rectas de regresión, atendiendo a

5a) Universo muestral.

5b) Cada una de las agrupaciones obtenidas con GECLUP.

6) Mediante el programa GECYS establecemos una probabilidad asociada de diferencia entre agrupaciones muestrales, a través de la F de Fisher y estudiamos el valor de la función de Mahalanobis, que nos separa los dominios de cada una de las agrupaciones respecto de las demás, y el aporte de cada uno de los parámetros a la definición de las agrupaciones.

7) Finalmente, mediante el análisis discriminante de sistemas multivariantes podremos deducir una ecuación, función de los parámetros analizados, que nos defina de forma inequívoca - cada una de las poblaciones muestrales, así como establecer una función de probabilidad asociada para cada una de una serie de - muestras de ubicación no definida, respecto de las agrupaciones.

V.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

V.2.1. INTRODUCCION

En las primeras tomas de contacto con la zona de estudio, se sospechó una posible relación entre las partes mineralizadas y un paleonivel erosivo cubierto por materiales detríticos de aspecto análogo a las rañas pliocénicas. Supusimos que las mineralizaciones presentes están estrechamente ligadas al gradiente de potencial Eh, regulado a su vez por la acción de aguas meteoricas, de infiltración, contemporáneas con el ciclo de penillanurización, sobre las aguas singenéticas reductoras de las filitas encajantes de los yacimientos.

Según esta idea, sería en las áreas en que las pizarras hayan permanecido fosilizadas por los aluviones mesozóicos donde se tendrían que buscar las bonanzas, ya que de este modo se habrá evitado la lixiviación de las mineralizaciones, que suponemos se habrían formado durante el mesozóico superior. Como confirmación de esta teoría tenemos el hecho de que las investigaciones efectuadas han constatado la presencia de minerales de uranio en la zona situada al Oeste del río Ortega, donde el nivel de rañas está presente, mientras que en el Este no aparecen prácticamente dichos materiales y tampoco se han reconocido la presencia de mineralizaciones. En las zonas orientales, en el caso de que hubiera habido concentraciones uraníferas, habrían sido denudadas por los procesos erosivos, mientras que en la parte occidental se han conservado, aflorando en la intersección del nivel de la penillanura extremeña con el de la topografía actual y manteniéndose a una profundidad que fluctúa entre dos y cuarenta ó sesenta metros.

Para estudiar las posibilidades de la zona de forma estadística, tratando de identificar superficies topográficas - mediante ecuaciones matemáticas en función de la existencia y evolución de los paleorrelieves, durante el año 1.972 trabajé y puse a punto el programa TOPO. Con este programa es posible, a partir del análisis y tratamiento de la altura máxima y mínima correspondientes a cada una de las celdas en que se divide el mapa topográfico mediante una malla cuadrada, determinar, - primero, una serie de "tramos" y, después, una serie de "ciclos" apoyando cada conclusión con un nivel de probabilidad, cuya significación será explicada más tarde.

El estudio fotogeológico de la región junto con el análisis de los resultados proporcionados por el programa TOPO y la discusión de las ecuaciones obtenidas por regresión múltiple con el programa SETPWISE REGRESSION del U.S. GEOLOGICAL - SURVEY, adaptado éste último para nuestros fines por D. FERNANDO RECREO, sirvieron en 1.972 para que D^a ROSARIO SOLA FARRE, presentara el trabajo "UN ENSAYO DE APLICACION DE LOS ACONTECIMIENTOS GEOMORFOLOGICOS AL ANALISIS METALOGENICO", para la obtención del grado de Licenciado en Ciencias Geológicas.

Las bases teóricas del tratamiento estadístico aplicado a la geomorfología vienen dadas fundamentalmente en los estudios realizados por Scheidegger y Culling.

La analogía existente entre los procesos termodinámicos y los geomorfológicos fue establecida en 1.962 por Leopold y Laugbein. Posteriormente, Scheidegger demostró que esta analogía alcanzaba un alto significado y que era posible la aplicación de los mismos tratamientos estadísticos para ambos sistemas, expresándose esta idea en que "Siempre que un sistema sea una combinación de sistemas componentes, o subsistemas que oscilan o fluctúan, y tal que en dicho sistema exista una cierta magnitud que sea una constante de movimiento definida y no negativa, bajo condiciones de equilibrio dicha cantidad está canónicamente distribuida entre los subsistemas componentes; y en

condiciones de no equilibrio, suponiendo una regresión lineal en las fluctuaciones antedichas y reversibilidad a escala microscópica, la magnitud de que se habla está sujeta a la ecuación de difusión con un tensor de difusibilidad simétrico. A este tensor lo denominaremos "coeficiente de difusión".

Según esto, puede expresarse una equivalencia o correspondencia entre las ecuaciones que regulan tanto a los procesos termodinámicos como a los geomorfológicos, y así, tenemos:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right] \quad \text{Procesos termodinámicos.}$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} = D \left[\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} \right] \quad \text{Procesos geomorfológicos.}$$

Scheidegger desarrolla su teoría geomorfológica estudiando fenómenos en función de la pendiente. En el caso de un proceso de erosión fluvial sabemos que existe un equilibrio entre la forma del talud y el agua que circula por su cauce.

Por observación directa se sabe que la cantidad de materia que transporta por unidad de volumen, C , es proporcional a la cantidad de agua, pero, a la vez, es proporcional a la pendiente puntual del talud o cauce, S , por el que discurre.

En una primera aproximación, se puede expresar ambas proporcionalidades de este modo: $V \propto C$, $V \propto S$ (1)

Por otra parte, tenemos que la experiencia nos dice que en el talud, la variación de la altura se debe a defecto o aporte de masa, por erosión o por deposición. Aplicando este razonamiento sobre un perfil topográfico $h = f(x)$, e introduciendo la variable tiempo a la vez que suponemos como origen $x = 0$, y una lámina de agua con velocidad constante V , mediante un sencillo razonamiento matemático se alcanza la ecuación:

$$\frac{\partial \gamma}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 \gamma^2}{\partial x^2}$$

Donde γ es la evolución de la altura con respecto a la dirección x cambiada de signo, o lo que es lo mismo, la pendiente en cada punto cambiada de signo.

Esta ecuación básica coincide con una ecuación de difusión y viene a confirmar el postulado de Scheidegger antes enunciado.

Culling, en su obra "Teoría Analítica de la Erosión", - adopta como fundamental en el estudio de fenómenos de erosión y transporte el supuesto de que el flujo de material es proporcional al gradiente de superficie, teoría análoga a la establecida por Fourier para la conducción del calor. Establece que la relación flujo-gradiente de superficie no es exactamente lineal, pero puede ser considerada como válida en una primera aproximación, y útil para la elaboración de modelos.

Considerando la superficie topográfica como una función continua $H = f(x, y, t)$, cada uno de los puntos de esta superficie queda definido por un valor x e y , tal que $h = f(x, y)$ para determinado tiempo t .

Si la función $h = f(x, y)$ es derivable, las derivadas parciales respecto a x e y , tomadas como componentes de un vector, definen en cada punto (x, y) un vector llamado "gradiente de H ", expresado por:

$$\vec{\text{grad}} H = \frac{\partial H}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial H}{\partial y} \vec{j}$$

Si suponemos un material homogéneo e isótropo, el flujo estará dirigido según la normal al perfil en el punto P considerado. Si en dicho perfil la variación en altura es dh , el flujo material por unidad de tiempo, vendrá dado por:

$$- K \left(\frac{dh}{dx} \right)$$

Y el límite, cuando $dx \rightarrow 0$, tenemos que la componente x de ése valor será

$$f_x = - K \frac{\partial h}{\partial x}$$

De aquí la justificación del punto de partida de Culling de que el flujo es proporcional al gradiente de H , de modo semejante a lo que ocurre en la teoría de Fourier respecto a la conducción de calor.

Siguiendo el desarrollo matemático de las ideas geomorfológicas de Culling al igual que se hace con la teoría de Fourier, se alcanza, como etapa final, y para un estado estacionario, la conocida forma de la ecuación de Laplace.

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

Esta ecuación ha sido estudiada exhaustivamente aplicada a otros conceptos físicos, y por tanto podremos pasar a utilizar directamente los ya muy conocidos resultados.

Visto hasta aquí el desarrollo de los procesos geomorfológicos según las teorías de Scheidegger en función de la evolución de la pendiente, y de Culling que estudia la evolución de un ciclo de función de la variación de las alturas, observamos en ambos casos se llega al establecimiento de una función continua y uniforme cuyas soluciones tiene fácil accesibilidad.

Estos razonamientos son los que constituyen la base del análisis geomorfológico a través del programa TOPO.

En la primera parte, éste trabaja con intensidades de relieve, utilizándose para el análisis los criterios de Scheidegger, ya que, como hemos visto, éste trabaja en función de la pendiente, estableciendo que $\gamma = f(I)$, donde γ es la pendiente e I los intervalos de altura.

En TOPO, consideramos unas celdas elementales de extensión ΔX e ΔY , asociando a cada celda (x,y) una altura máxima, mínima o una combinación lineal de ambas, la media, tal que,

$$h = f_1 (x, y)$$

A la vez, asociamos a cada celda el valor que llamamos intensidad de relieve, I.R., que es la diferencia entre la altura máxima y mínima de cada celda. Este valor dependerá de la extensión de la celda considerada, y por tanto, expresará una cierta razón incremental:

$$I.R. = \frac{\Delta H}{\Delta X} + \frac{\Delta H}{\Delta Y}$$

Si tomamos una celda cuadrada y no atendemos a las direcciones X ó Y al tomar las cotas, los valores $\Delta H/\Delta X$ e $\Delta H/\Delta Y$ son pendientes asociadas a cada celda.

Para una función bidimensional, la correspondencia es biunívoca y la función uniforme, lo que nos permite establecer otra función

$$I.R. = f_2 (x, y)$$

que será una aproximación discreta a la función continua, al menos para un mismo ciclo erosivo, de las pendientes en cada punto que postula Scheidegger. Esta función, I.R., es la que

sustenta todo el programa de gradientes de TOPO. Siguiendo el criterio de Culling, podemos tomar dicha f_2 como una función derivada de la función "superficie topográfica", $h = f_1 (x, y)$, donde h es la altura de todo punto (x, y) .

Del mismo modo, la variación de I.R., entre punto y punto nos proporciona una $f_3 (x, y)$ que denominamos "variación de la I.R." y que podemos asimilar a la segunda derivada de la función primitiva $h = f_1 (x, y)$.

Como el análisis se realiza separadamente para las alturas máximas, mínimas o medias de cada una de las celdas y como a cada altura h , que es la variable independiente le corresponden una o más I.R., la función no es uniforme. Agrupamos las celdas atendiendo a unos intervalos de altura prefijados y posteriormente asociamos a cada clase así definida un solo valor de I.R., el que proporciona la media de los I.R. de cada una de las celdas incluidas en el intervalo, al que denominamos promedio de intensidad de relieve ó P.I.R.; de este modo hacemos la función uniforme, y si tomamos como función primitiva la así definida, tenemos una aproximación discreta a la función continua de Scheidegger.

Podemos ahora, en cada intervalo, definir una función $f_4 (I)$ tal que se asemeje a la función derivada de la función P.I.R., y que llamamos GRAD (I). Esta función nos indicará la variación del P.I.R., entre dos clases consecutivas en una dirección prefijada, lo que hace que pueda tomar valores positivos y negativos.

Asimismo, la variación de dicho gradiente, vendrá expresada por otra función $f_5 (I)$, a la que llamamos CAMBIO de GRADIENTE, que en el caso de considerar $\Delta x \rightarrow 0$, podemos asimilar a la segunda derivada de la función establecida por Scheidegger, continua para un mismo ciclo erosivo.

Cuando sobre la zona en estudio se superpongan más de un ciclo erosivo, o simplemente la litología o estructura no sean homogéneas e isótropas tal como especifica el postulado, existirán discontinuidades que quedarán señaladas por alteraciones en los valores funcionales.

V.2.2. PROCESO DE DATOS

Mediante el programa TOPO se han estudiado los aspectos - observados de cotas mínimas, máximas y medias, de acuerdo con la I.R., y los gradientes de cada celda. Se han tomado ámbitos de 1 Km. de lado proporcionados por la malla de coordenadas - Lambert, efectuándose el estudio sobre las cuatro hojas 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional, correspondientes a D. Benito - (778), Villanueva de la Serena (779), Oliva de Mérida (804) y Castuera (805), que representan unos 2.400 Km².

La salida del programa TOPO nos permite construir gráficos en los que se separan "tramos" limitados por unos índices de - probabilidad mínimos de 65% deducidos a partir del gráfico del Promedio de Intensidad de Relieve ó P.I.R.

Al efectuar las asociaciones más probables entre "tramos" consecutivos, con un nivel de fiabilidad mínimo, se definen unos "ciclos". Estos ciclos se establecen tomando como hipótesis que "a lo largo de un ciclo geomorfológico único, no hay cambio - significativo de gradiente" y siguiendo los criterios analíticos de Scheidegger y Culling.

Según las teorías geomorfológicas, todo ciclo erosivo cumple una ecuación de continuidad. Como la intensidad de relieve, I.R., es una variable que para un mismo ciclo tendrá una variación con la distancia representable mediante una curva continua, se postula que toda discontinuidad que aparezca en dicha curva marcará un cambio morfológico, litológico o estructural.

Los estadísticos Desviación Media del P.I.R., Varianza y Coeficiente de Variación $1/V$, servirán para confirmar las discontinuidades existentes.

ANALISIS DE LAS MINIMAS

Se han diferenciado 7 tramos a través del estudio de la - curva de I.R., curva de desviación del P.I.R., Gráficos de la Varianza, Coeficiente de variación $1/V$ y Curva de frecuencias.

TRAMO I

Abarca desde las cotas menores hasta los 240-260 m. con - valores del P.I.R. sensiblemente iguales en los dos intervalos. En la separación con el siguiente intervalo la probabilidad de cambio significativo es del 66%.

Con el estudio de la curva de desviación del P.I.R. vemos que los errores al representar los puntos de este tramo son del 17,52% y 20,77% para cada uno de los dos intervalos, indicando la pequeña diferencia entre ellos la homogeneidad de todo el - tramo.

TRAMO II

Alcanza desde los 260 m. hasta el intervalo 300-320 en que la probabilidad de cambio asociada es de 65% con valores del - P.I.R. de 23, 32 y 41 según una progresión aritmética de razón 9.

Los valores de desviación del P.I.R. tienen un promedio muy aceptable del 11%, con un máximo para el último de 16%. Este - máximo puede justificarse por la superposición de algunos puntos que realmente pertenezcan ya al tramo siguiente, error debido probablemente a la arbitrariedad del paso de malla, 1 Km., quizás demasiado grande.

TRAMO III

En el intervalo 320-340 se alcanza una probabilidad de cambio del 85%, por lo que consideramos este único intervalo como un tramo completo.

La desviación de la curva es del 16.93%.

TRAMO IV

Comprende un solo intervalo, el 340-360, pues la probabilidad asociada al cambio del P.I.R., alcanza el 98%, a la vez que los valores del P.I.R., pasan de 44 a 59.

La desviación es semejante al tramo III, con un valor del 14.93%.

TRAMO V

Lo situamos desde el intervalo 360-380 hasta el 400-420, con un descenso continuado en el P.I.R., desde 59 a 43 y una probabilidad de cambio significativo del 99%.

Los valores de desviación de la curva del P.I.R. toman los valores 19.31%, 17.95% y 20.06%, siendo mayor en los intervalos extremos porque, tal como hemos dicho, puede haber inclusión de puntos del tramo anterior y posterior por defectos de amplitud de malla.

TRAMO VI

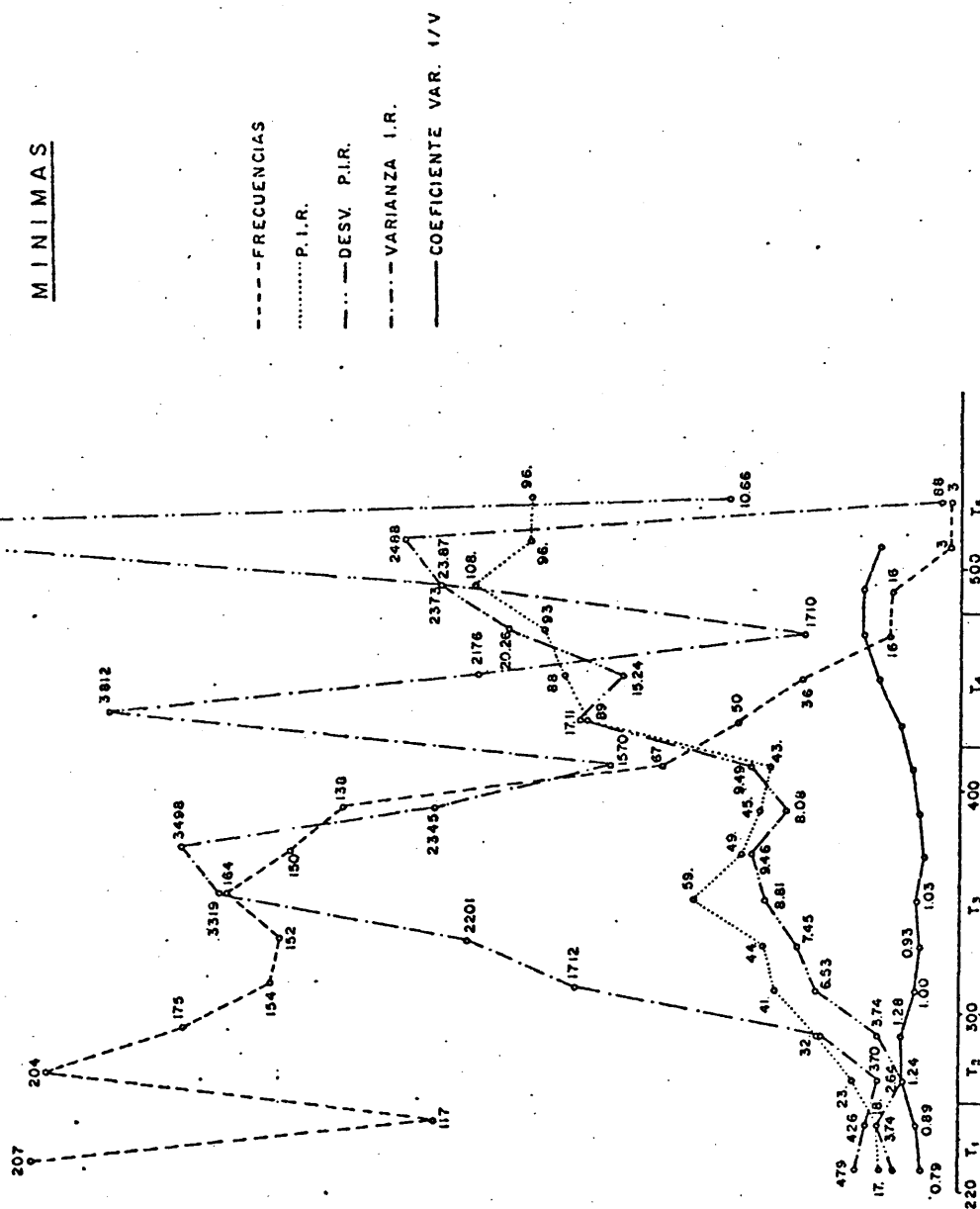
Abarca un solo tramo muy bien definido por una probabilidad asociada que es del 95% para el comienzo y del 93% para el final. El valor del P.I.R., tiene un brusco aumento entre los extremos, con valores de 43 y 89.

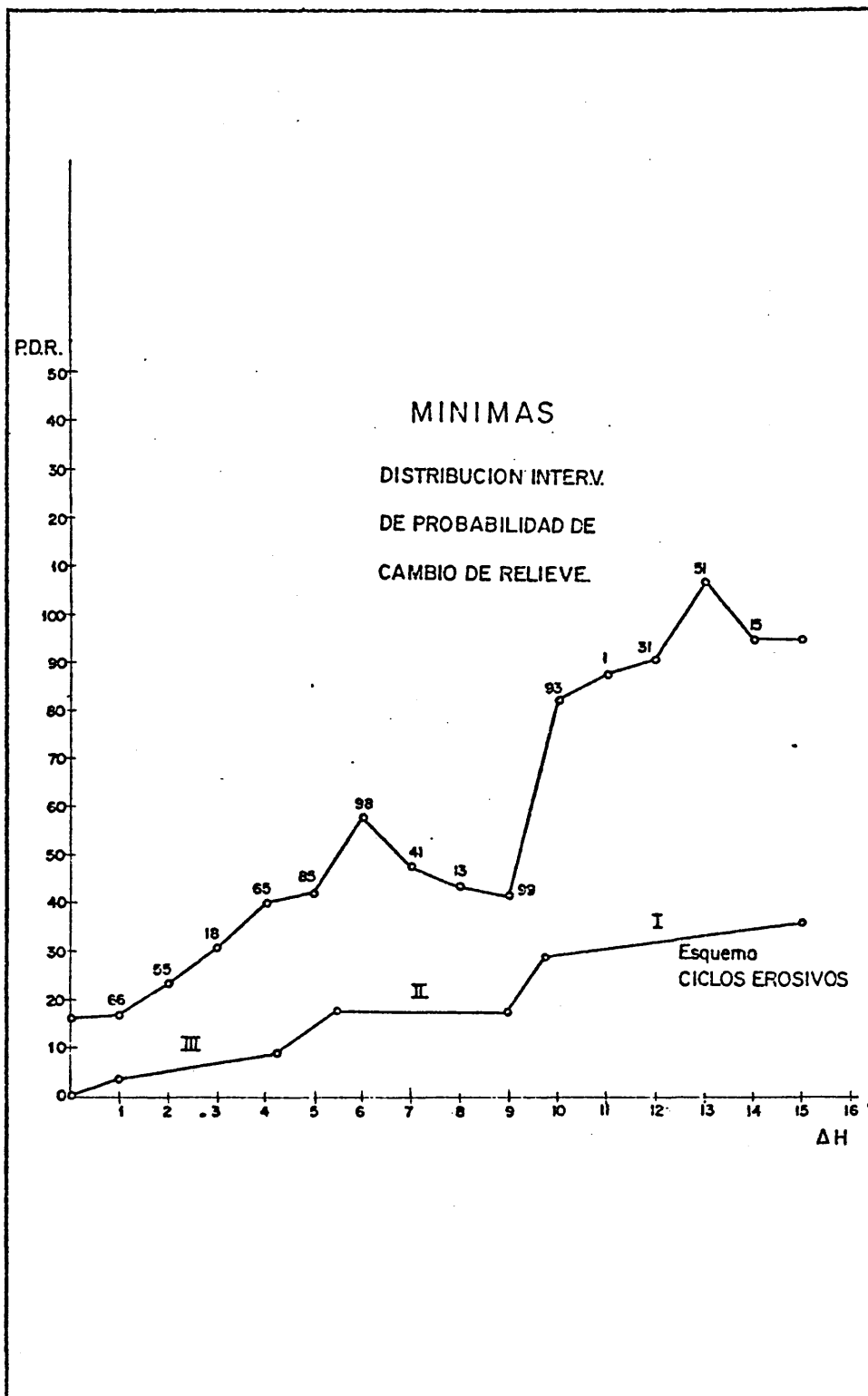
La desviación asociada es del 20.36%.

TRAMO VII

El P.I.R., es muy constante y muy elevado en todo el tramo, con 93 m. en alturas superiores a 440 m., subiendo en el intervalo 480-500 a valores de 108, con una probabilidad asociada del 51%, máxima del tramo, ya que para el resto son

MINIMAS





bajas, del 1%; 31%; 15%, lo que nos indica la gran homogeneidad de relieve de este tramo.

La desviación media es más irregular que en los tramos anteriores, con valores próximos al 20% y con valor bajo, sólo 11.10% para el último intervalo.

Gráfico de la varianza y coeficiente 1/V.

Tal como se aprecia en el gráfico de MINIMAS, vemos que ambas curvas fluctúan ascendiendo o descendiendo de manera casi uniforme en cada uno de los tramos, ajustándose bastante bien a las divisiones hechas.

Curva de frecuencias

La mayor frecuencia se alcanza en los intervalos correspondientes a las menores cotas, excepto en el 240-260 donde se dá un acusado mínimo de 117 puntos, mientras que los dos adyacentes tienen 209.

Los intervalos comprendidos entre 300 y 400 m., están también suficientemente representados, descendiendo bruscamente la frecuencia por encima de dichas cotas.

CICLOS PARA LAS MINIMAS

Distinguimos 3 ciclos con las siguientes características:

CICLO I

Está representado por una superficie de aproximadamente 75 Km^2 ., agrupando los intervalos comprendidos entre 440 y - 540 m. Los valores de los P.I.R., son para cada uno de los intervalos 88, 93, 96 y 96.

El coeficiente de variación $1/v$ sigue una tónica creciente hasta el intervalo 460-480, permaneciendo constante en el - 480-500, para descender en 500-520.

La varianza decrece hasta un mínimo de 1.710 en el intervalo 480-500, para aumentar después hasta un máximo de 2.488 y descender bruscamente hasta el valor 88.

CICLO II

Abarca los tramos comprendidos entre las cotas 360 y - 440 m., con un nivel de probabilidad asociado del 93% y representando a una superficie de 405 Km^2 .

El P.I.R., decrece de 49 a 43, para ascender en el último intervalo a 84.

El coeficiente $1/v$, sigue creciente, es más equilibrado que en ningún otro ciclo, sin que se presente ningún punto anómalo o de ruptura del ciclo.

La varianza es decreciente hasta el intervalo 400-420, - donde hay un mínimo de 1.570, para aumentar después, alcanzando un máximo de 3.812.

En este ciclo se pueden diferenciar dos zonas: a) una - llana, muy bien representada en extensión, pues abarca todos los intervalos del ciclo excepto el 420-440, que constituye la que llamamos zona b) o zona de cuestas.

CICLO III

Comprende las celdas de alturas mínimas comprendidas entre los 220 y 360 m. con un nivel de probabilidad de 98% y supone una superficie de 996 Km^2 .

La varianza es creciente hasta alcanzar un valor de 3.319 con un mínimo en el intervalo 260-280 que se corresponde con un ligero aumento en el coeficiente $1/\sqrt{V}$.

El P.I.R. oscila en este ciclo desde un mínimo de 17 a un máximo de 59 m. en el punto final.

Se podrían diferenciar dos tramos con un 66% como coeficiente de probabilidad, quedando independizado de este modo el actual cauce del Guadiana.

En el ciclo pueden separarse dos partes: a) un llano comprendiendo los 6 primeros intervalos, hasta 320-340 m. y -
b) una zona de cuesta asimilada al intervalo 340-360 m.

Para MAXIMAS y MEDIAS, el programa TOPO hace un estudio análogo al de MINIMAS por lo que, para evitar la prolijidad de datos, solamente expondremos los resultados numéricos -
obtenidos como salidas de programa y las conclusiones a las -
que se han llegado en su discusión.

ANALISIS DE LAS MAXIMAS

Se han separado tambien 7 tramos a partir de la curva de P.I.R.

TRAMO	I:	de 220 a 300 m.	con probabilidad de cambio del 73%
"	II:	" 300 a 360 m.	" " " 78%
"	III:	" 360 a 380 m.	" " " 85%
"	IV:	" 380 a 440 m.	" " " 86%
"	V:	" 440 a 620 m.	" " " 75%
"	VI:	" 620 a 640 m.	" " " 68%
"	VII:	" 640 a 660 m.	

Estos 7 tramos se han interpretado como pertenecientes a tres ciclos:

CICLO I

A partir de los 620 m. y hasta las cotas más altas, las frecuencias de observaciones descienden mucho y la interpretación estadística hace difícil el aventurar un juicio fidedigno. Sin embargo, está muy bien definido el intervalo 600-620, con un nivel de probabilidad del 75%.

Parece posible la existencia de un llano y una cuesta, que correspondería a un relieve residual.

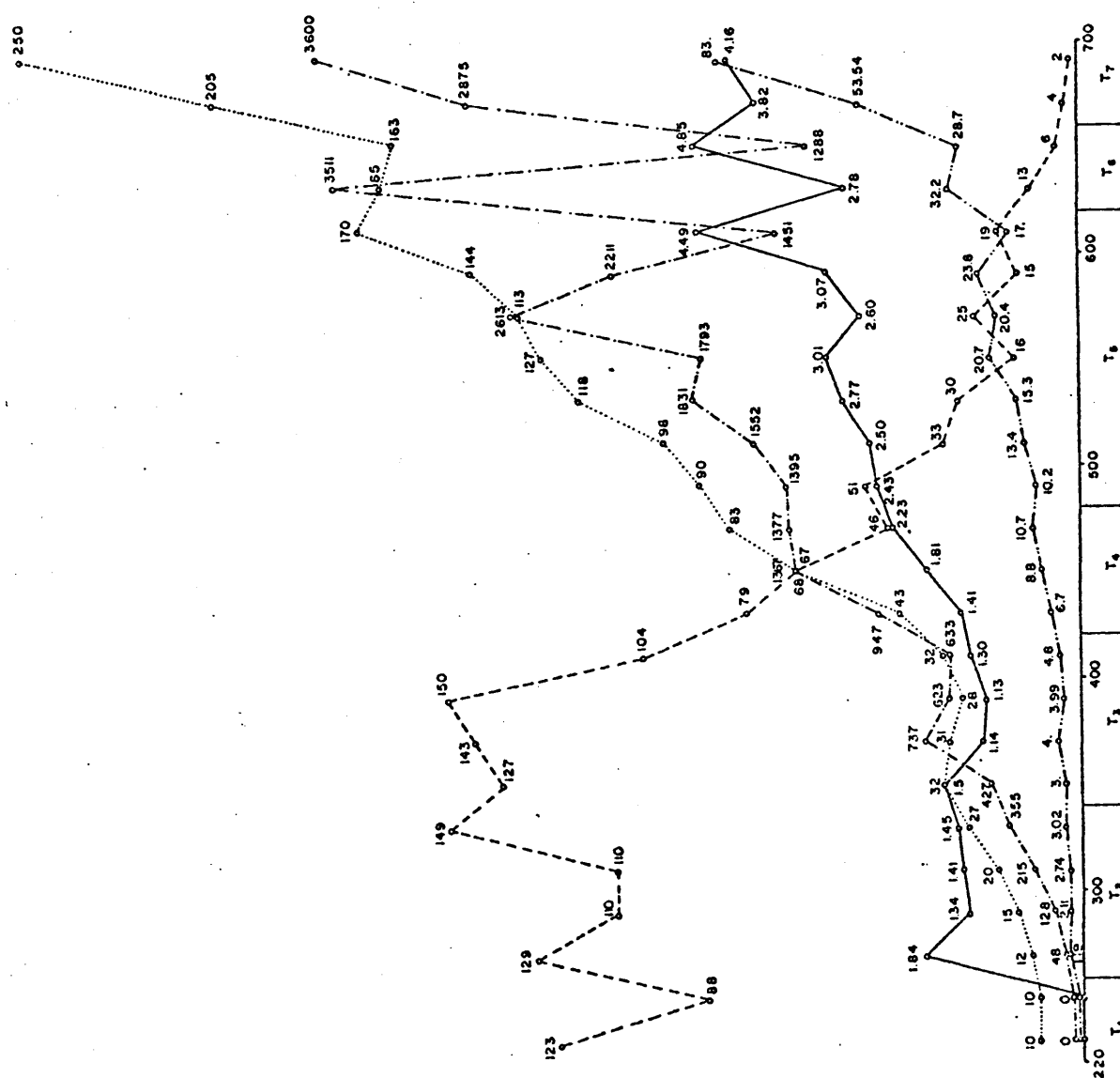
CICLO II

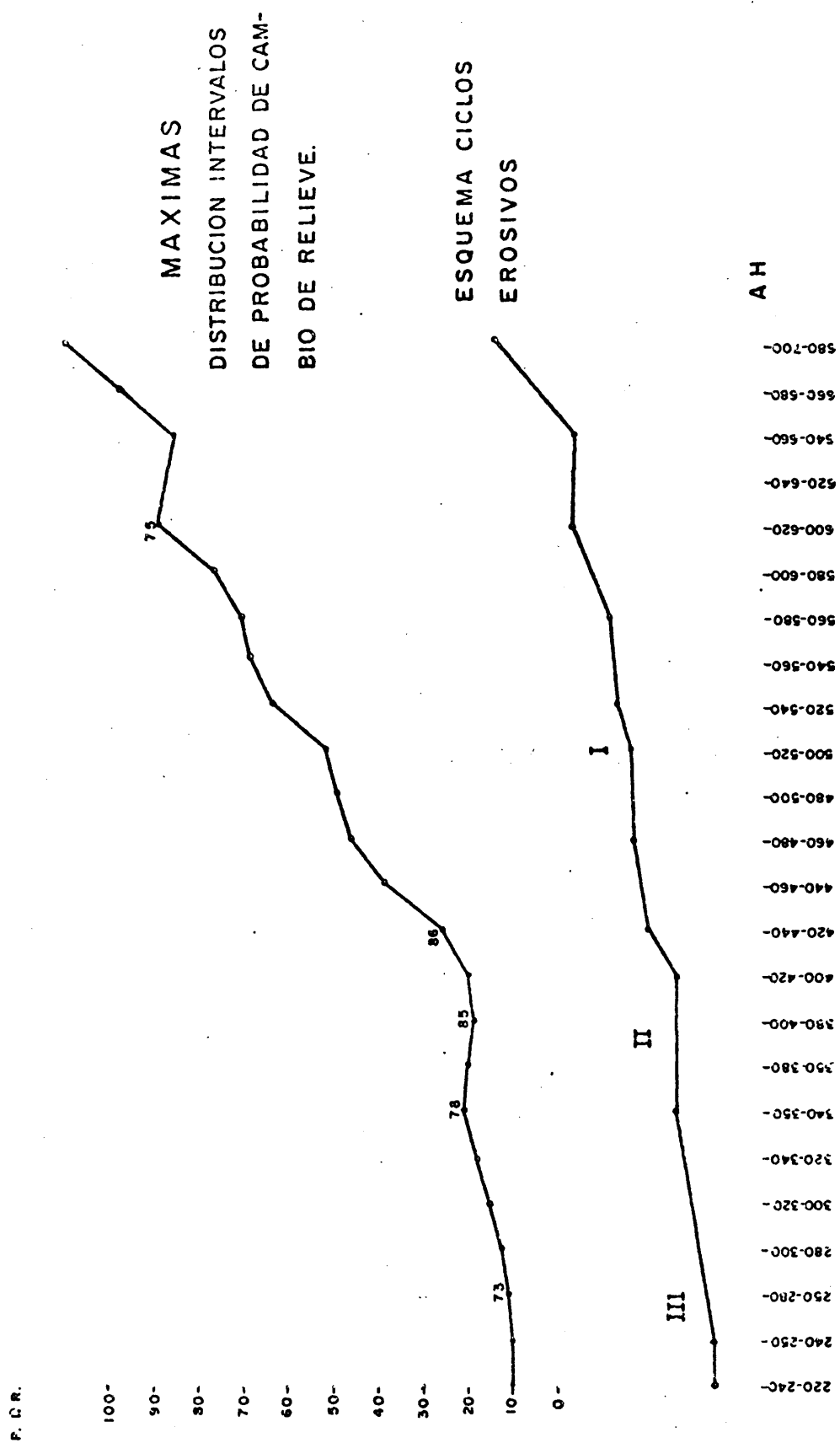
Se sitúan en él las celdas de alturas comprendidas entre 360 y 440 m. representando 476 Km², y una probabilidad asociada del 86%.

Tiene una zona de llano y una última zona de cuesta, - con un P.I.R. de 43.

MAXIMAS

----- FRECUENCIAS
 P. I. R.
 --- DESV. P. I. R.
 - - - - - VARIANZA I. R.
 — COEFICIENTE VAR. 1/V





CICLO III

Comprende las menores alturas máximas, hasta el intervalo 340-360, con un nivel de probabilidad del 87%.

La frecuencia asociada al ciclo es de 836 Km^2 . y el coeficiente de variación $1/V$ presenta unas inflexiones que, al igual que ocurre con las mínimas, podrían señalar el nivel erosivo correspondiente al actual cauce del Guadiana.

ANALISIS DE LAS MEDIAS

TRAMO	I:	Hasta los 280-300 m.	con probabilidad	cambio del 98%	
"	II:	de 300 a 320 m.	"	"	99.99%
"	III:	" 320 a 340 m.	"	"	82%
"	IV:	" 340 a 360 m.	"	"	68%
"	V:	" 360 a 380 m.	"	"	91%
"	VI:	" 380 a 420 m.	"	"	68%
"	VII:	" 420 a 440 m.	"	"	73%
"	VIII:	" 440 a 460 m.	"	"	75%
"	IX:	" 460 a 500 m.	"	"	81%

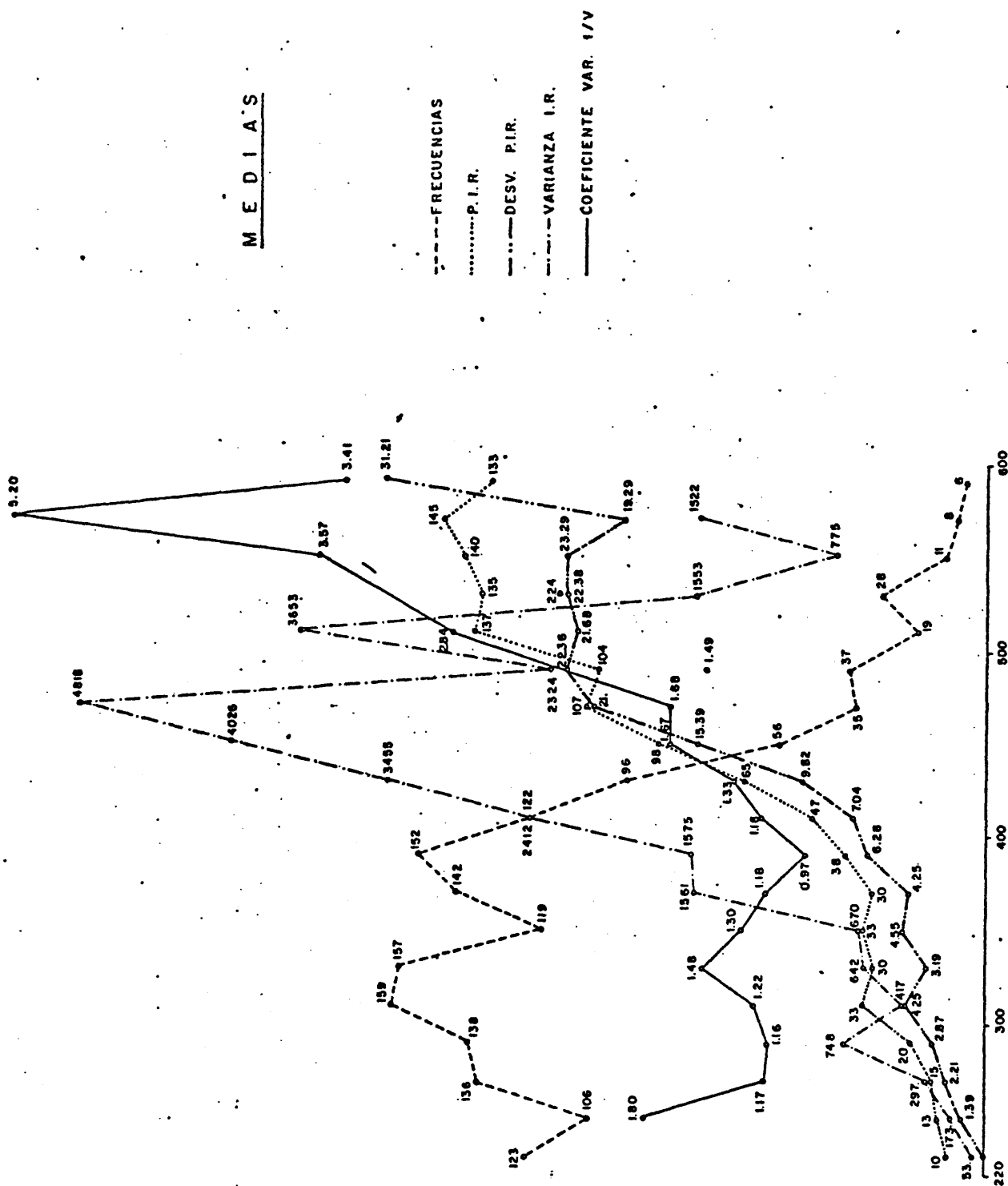
Esta gran diferenciación de tramos queda reducida también a tres unidades cuando los agrupamos para constituir ciclos:

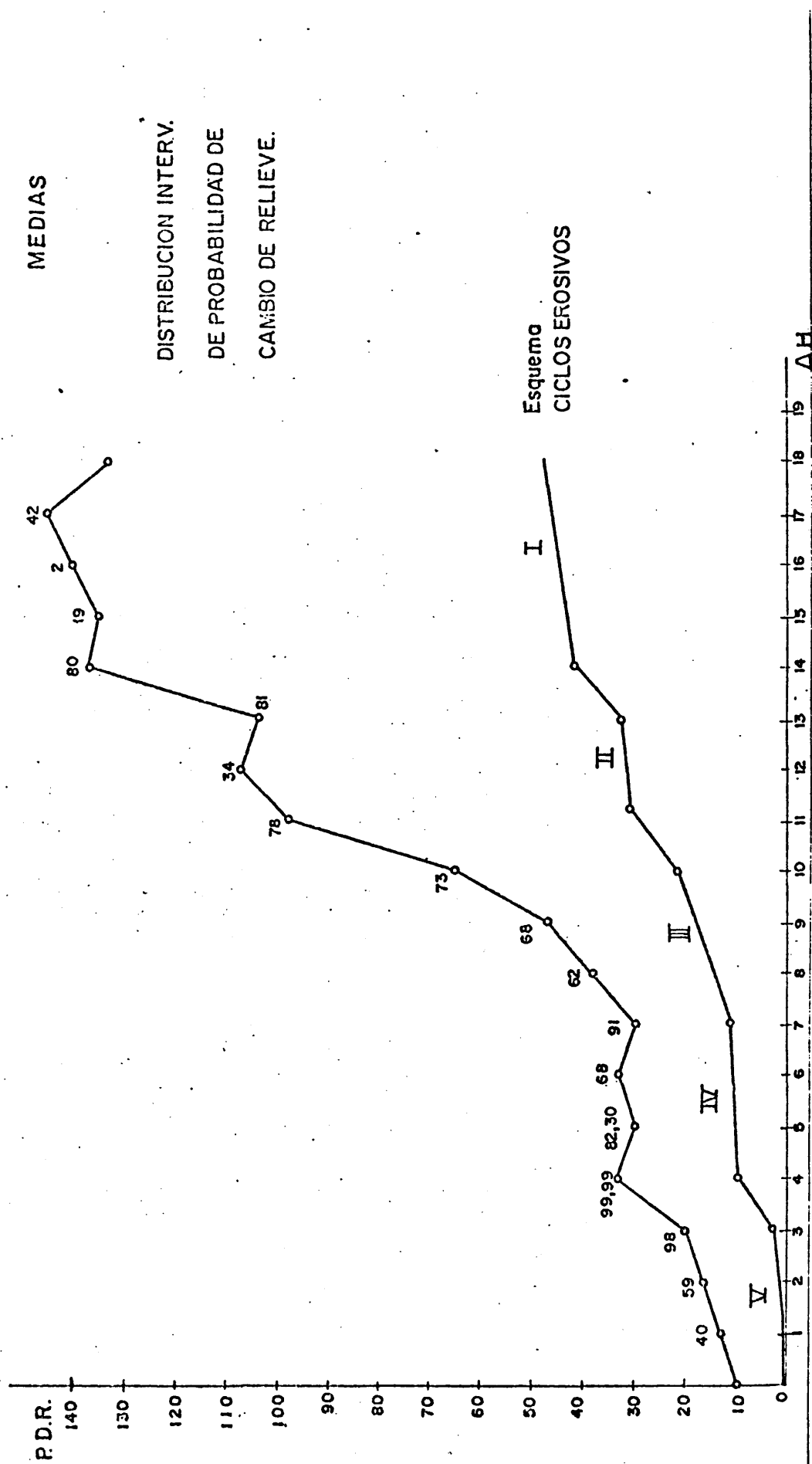
CICLO I

La frecuencia asociada es de 109 Km^2 . representando a las medias mayores de 460 m., con una probabilidad entre 78 y 80%.

También aquí aparece como posible la existencia de un último ciclo residual que podría ser aclarado por el estudio de celdas tomadas con una malla más densa. Sin embargo, no hay que

M E D I A S





olvidar que en las formas de relieve es de gran importancia - la litología, que en nuestro caso está constituida por cuarcitas muy resistentes a la erosión, por lo que es muy probable que se alcanzara una mayor definición de los ciclos que la aquí expuesta.

CICLO II

La frecuencia asociada al ciclo nos da una superficie de 879 Km^2 . con probabilidad del 87% y comprende medias entre 320 y 460 m.

El promedio de P.I.R., nos define dos zonas: a) una en que el P.I.R. se sitúa entre 30 y 33, y otra b) en que el P.I.R., aumenta progresivamente hasta 107, correspondiendo a - una zona de cuesta.

CICLO III

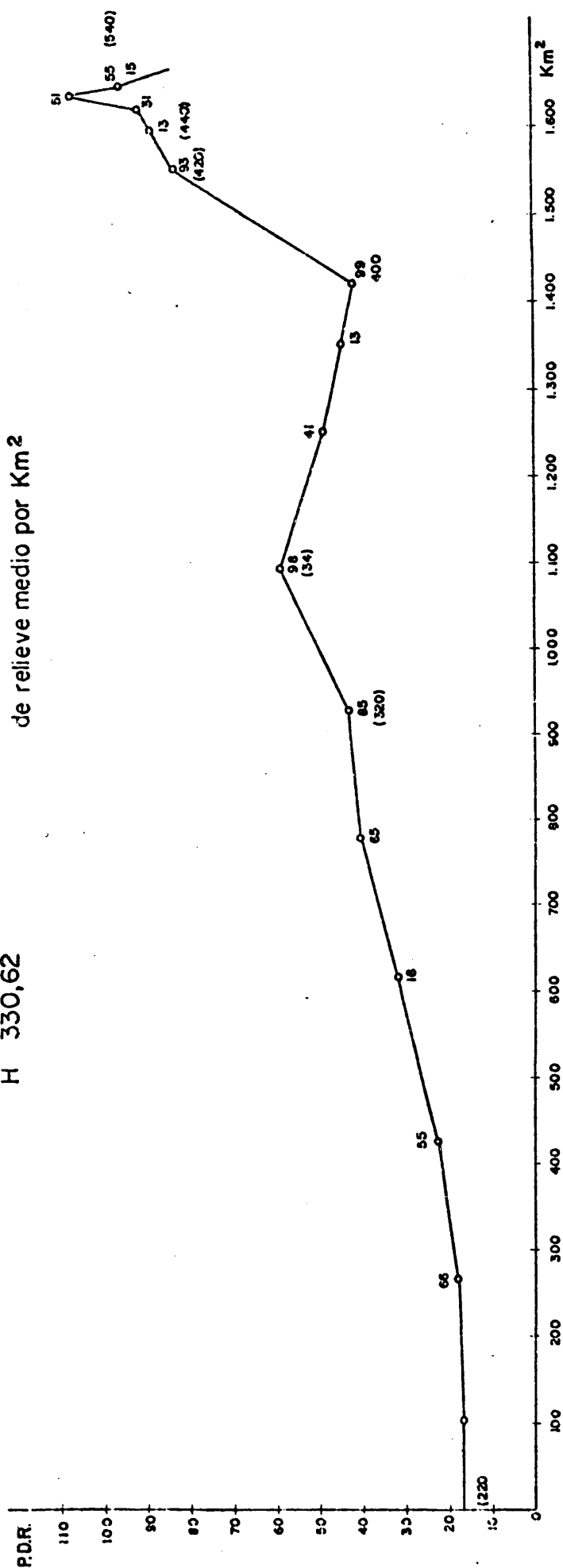
El nivel de probabilidad asociado a éste ciclo es el mayor de todos los obtenidos, con un valor de 99.99%. Abarca 5 intervalos desde 220 a 320 m. y representa a una superficie de 662 Km^2 .

Hemos definido para los tres tipos de alturas máximas, mínimas y medias, tres ciclos, los I, II y III, numerados del más antiguo al más moderno, todos ellos apoyados en nivel de probabilidad mayor del 75% y que en el caso del III alcanza - el 99.99% y el 93% para el II.

Estos ciclos II y III son, además, los más ampliamente representados en la zona, pues entre ambos suponen 1.500 Km^2 .

PERFIL ESTADISTICO PONDERADO
 Probabilidad de cambio de gradientes
 de relieve medio por Km²

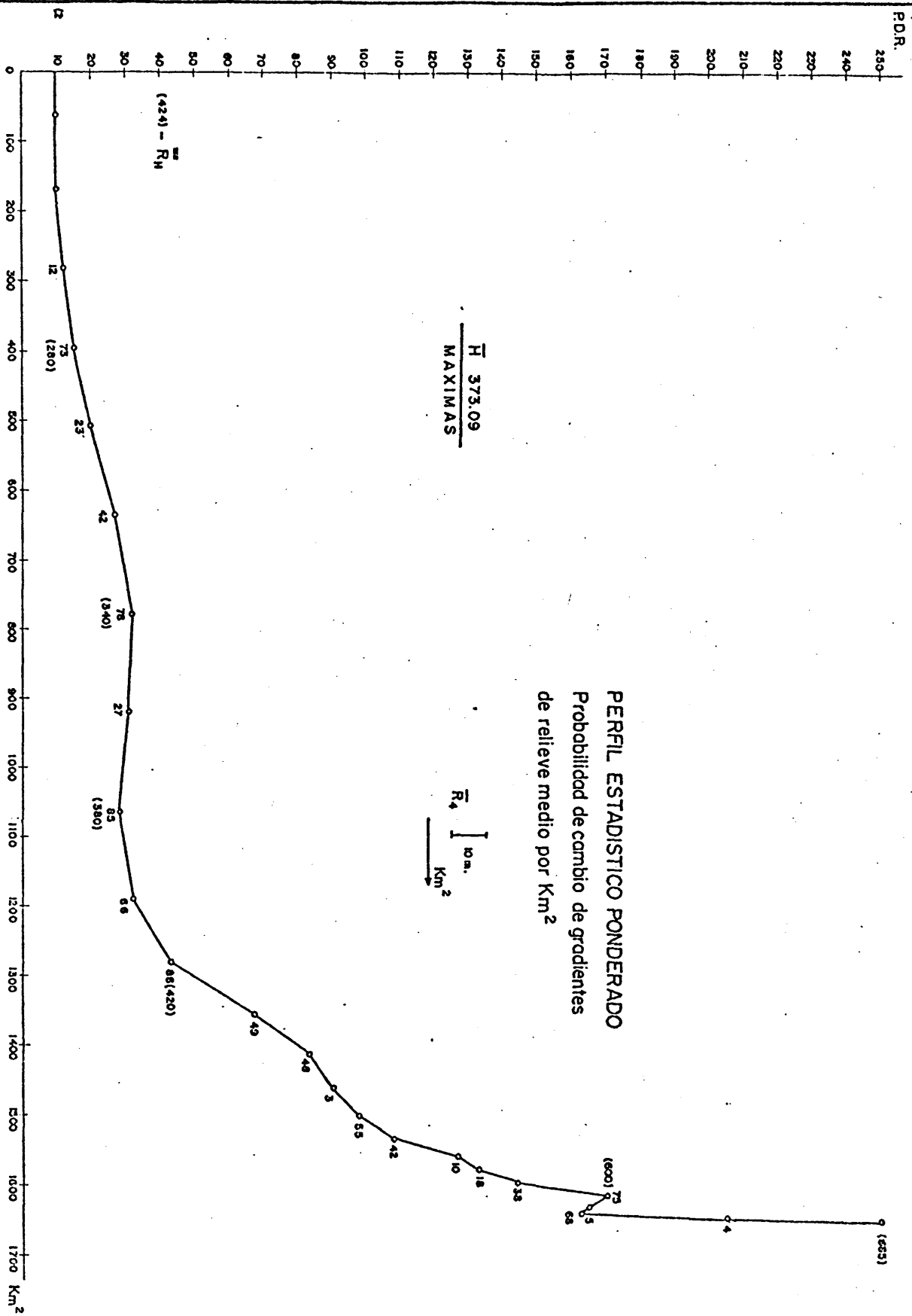
MINIMAS
 \bar{H} 330,62

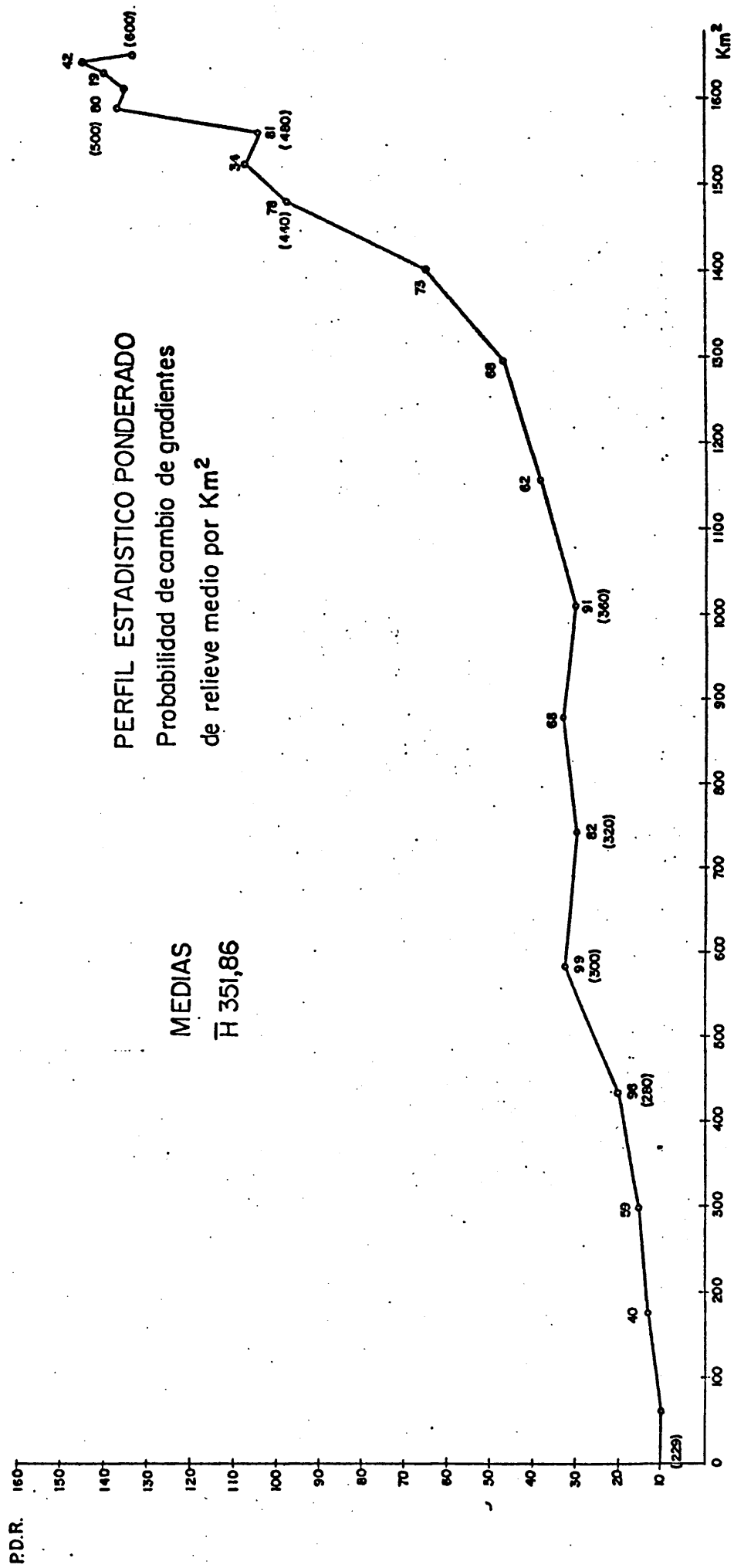


PERFIL ESTADISTICO PONDERADO
 Probabilidad de cambio de gradientes
 de relieve medio por Km²

\bar{H} 373.09
 MAXIMAS

\bar{R}_4 10 m.
 Km²





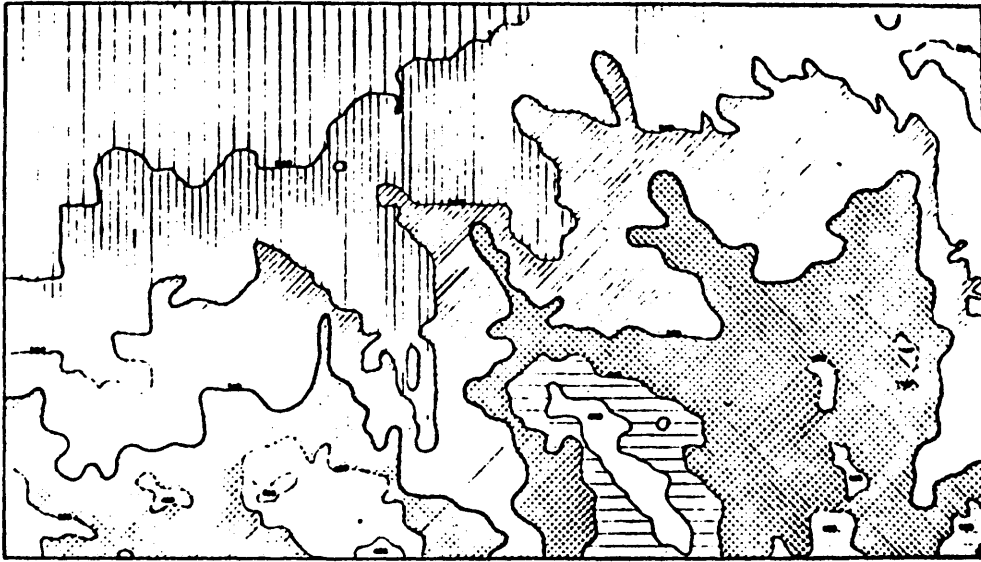
Si representamos en un cuadro las alturas definidas - por los tres ciclos para los tres tipos de alturas, se observa que sus límites son muy semejantes, estableciéndose la separación de ciclos en las cotas próximas a los 360 y 440 m.

	MAXIMAS	MINIMAS	MEDIAS
Ciclo I	440	440	460
Ciclo II	360-440	360-440	320-460
Ciclo III	360	360	320

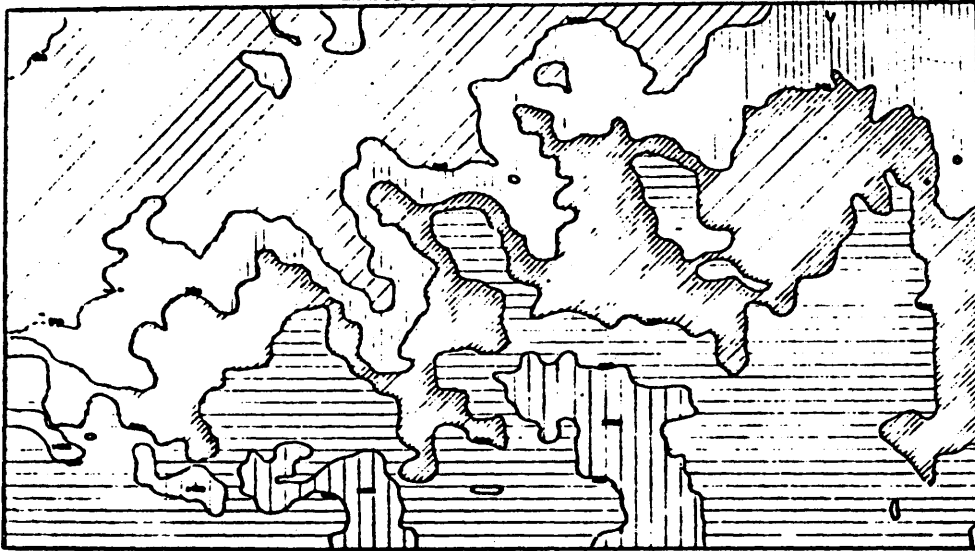
Los niveles erosivos correspondientes a los ciclos - han sido comparados y comprobados en el trabajo del Dr. D. FRANCISCO HERNANDEZ PACHECO "Ensayo de la morfogénesis de la Extrema Central" publicado en N. y C. del I.G.M.E. en 1.947, - ajustándose extraordinariamente nuestro análisis estadístico - con los niveles morfológicos allí expuestos.

En el trabajo de D^a ROSARIO SOLA FARRE al que antes - hemos aludido, se hace un posterior estudio de los ciclos, aplicándose un tratamiento de regresión escalonada mediante el programa STEPWISE REGRESSION con la idea de que, si cada uno de - los ciclos y cada una de las cotas corresponden a una superficie, ésta se podrá definir mediante una ecuación.

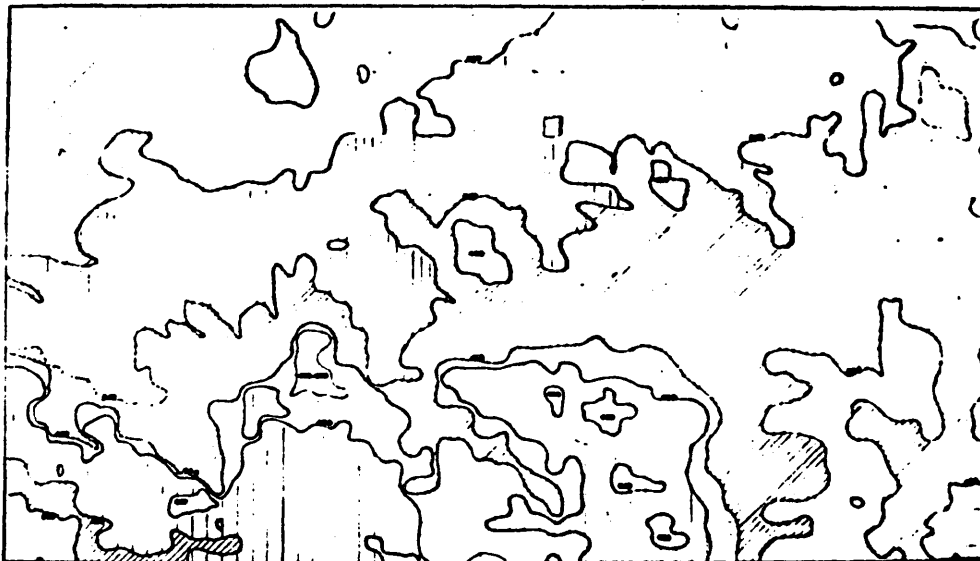
Con este estudio es realmente interesante y sirve de apoyo a las ideas de este trabajo, anotamos aquí las ecuaciones encontradas y las conclusiones finales.



MAPA DE DATOS DE ALTURAS MEDIAS



MAPA DE DATOS PARA ESTUDIO DE LAS BARRERAS



- Superficie 340-420, máximas:

$$\text{Ecuación: } Z = 373,302 + 90325.10^{-8} xy^2$$

con $F = 4.481$ para 1 y 44 grados de libertad, que equivalen a un 96% de ajuste de puntos reales a la superficie teórica calculada.

- Superficie 420-480, máximas:

$$Z = 445,066 - 0,507483 x + 9360.10^{-11} y^5.$$

Con ajuste del 99%.

- Superficie 260-340 máximas:

$$Z = 273,028 + 0,138649 x y.$$

Con ajuste mayor del 99%.

- Superficie 240-300 mínimas:

$$Z = 256,077 + 0,0182667 x^2 + 37057.10^{-7} y^3 - 7093.10^{-11} x$$

Con ajuste del 99%.

- Superficie 300-420, mínimas:

$$Z = 315,018 + 2,23887 y.$$

Con ajuste del 99%.

Para la zona de "EL LOBO", donde se localizaron las mineralizaciones primeras, se tomaron las cotas del mapa topográfico sin ajustarse a ningun tipo de malla, calculándose las siguientes ecuaciones:

- Superficie "RAÑAS EL LOBO"

$$Z = - 2037,23 + 3,42532 \, xy - 3,68 \cdot 10^{-4} \, x^3 \, y^2 + 2,86 \cdot 10^{17} \, e^x \\ + 491013,0 \, (xy)^{-1}.$$

Con ajuste 99,9%

- Superficie "CONTACTO RAÑAS EL LOBO"

$$Z = 59,094 + 22,0796 \, y - 146,0 \cdot 10^{-7} \, x^5$$

Con ajuste 99,9%

- Superficie "PENILLANURA FOSIL"

$$Z = 181,719 - 6567,0 \cdot 10^{-6} \, x^3 + 33,57 \, (xy)^{1/2}.$$

V.2.3.

CONCLUSIONES

Especulando con la idea de que la mineralización está ligada con el nivel de "penillanura fósil", el trabajo antes aludido señala que enlazando la ecuación de este nivel con los ciclos encontrados y extrapolando a toda la región, suponiendo asimismo que ambas ecuaciones correspondieran durante un cierto período de tiempo a superficies ciertas y válidas, podrían determinarse las zonas más favorables para la localización de yacimientos, - ya que éstos han de situarse en la intersección de ambas superficies.

Como en las primeras labores de localización in situ se - estimó que la mineralización quedaba próxima a cotas de 400 m. correspondientes al Ciclo II, se estudiaron las residuales para datos de máximas y mínimas, estableciéndose como conclusión del trabajo que las zonas de interés preferente para la prospección e investigación de masas mineralizadas, son:

- Lapa - Ortega
- Magacela - Campanario
- Peñas blancas
- La Bóveda
- Troya - Enfrente.

V.3. APROXIMACION A LA DISTRIBUCION NORMAL DE LOS PARAMETROS CUANTITATIVOS

V.3.1. INTRODUCCION

Todas las aplicaciones de funciones estadísticas que se van a utilizar en los capítulos siguientes han sido desarrolladas en principio para datos que se supone se ajustan a una distribución normal. Por tanto necesitaremos, antes de pasar adelante, determinar si efectivamente los parámetros con los cuáles vamos a trabajar presentan una distribución de este tipo y en el caso de que no sea así, trataremos de transformarlos mediante la aplicación de una función matemática.

Si con los datos originales o con los transformados mediante las funciones que la experiencia ha demostrado son más frecuentes para obtener la normalización de datos geológicos, no se alcanza una aproximación suficientemente buena, podremos decidir a priori que el Universo muestral no es homogéneo, sino que probablemente corresponde a una mezcla de diferentes agrupaciones muestrales.

Como factor de decisión hemos desarrollado el programa GETEN y explicado anteriormente. Hay que hacer notar que la elección del número de intervalos dependerá del número de muestras existentes, de la desviación de los datos, etc, por lo que solamente tras varias pruebas podremos escoger el óptimo, o en su caso, la interacción del estudio y la observación de los histogramas nos dará una idea de cuál es el comportamiento de un determinado parámetro.

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

V.3.2. DATOS DE DENSIDAD, COMPOSICION EN OXIDOS (CUANTOMETRO)
Y COORDENADAS DE COLOR.

PARAMETRO 1: DENSIDAD.

Datos en las tablas.

Media = 2.7121

Optimo de intervalos para la normalizacion =24, con paso=0.0208

Histograma representada en fig. V.3.1.

$\chi^2 = 53.70$ y $P = 0.29 \times 10^{-3}$

Gráfica en fig. V.3.1.

PARAMETRO 2: Al_2O_3

Datos en las tablas.

Media = 30.729

Número intervalos = 31. Con paso = 1.1999

Histograma en fig. V.3.2.

$\chi^2 = 190.335$. $P = 0.293 \times 10^{-3}$

La mejor transformación es la original.

PARAMETRO 3: CaO

Datos en las tablas.

Media = 0.6191

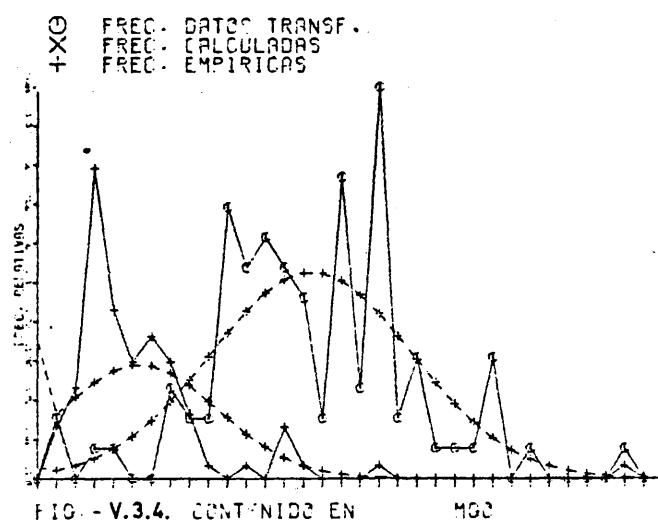
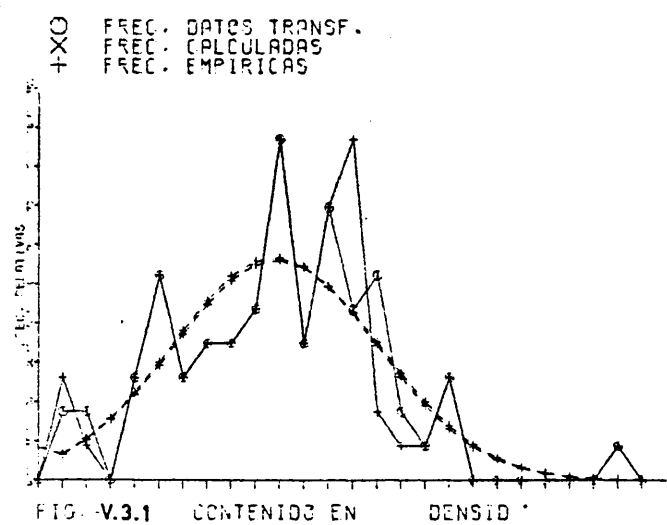
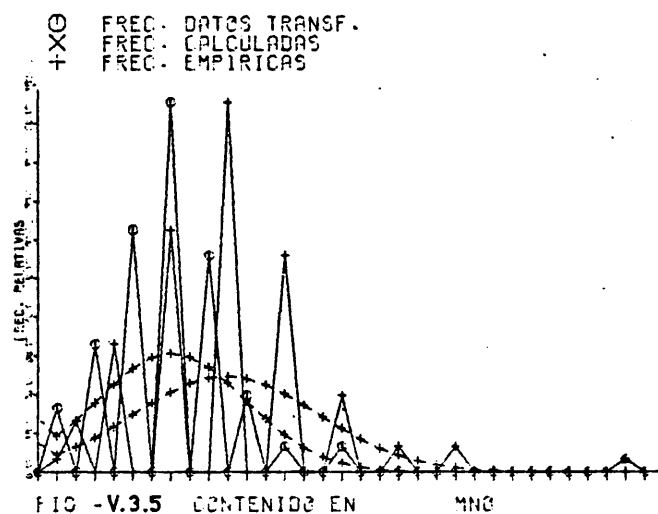
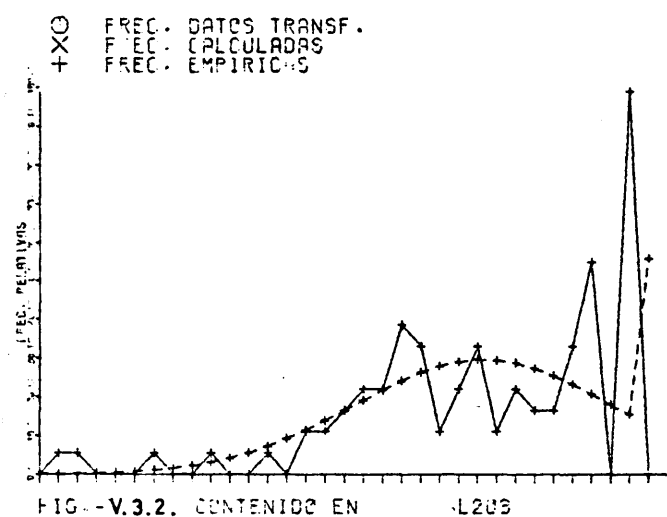
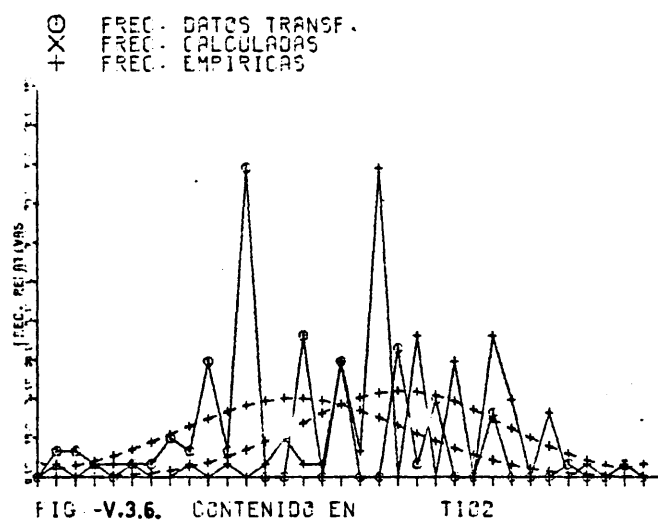
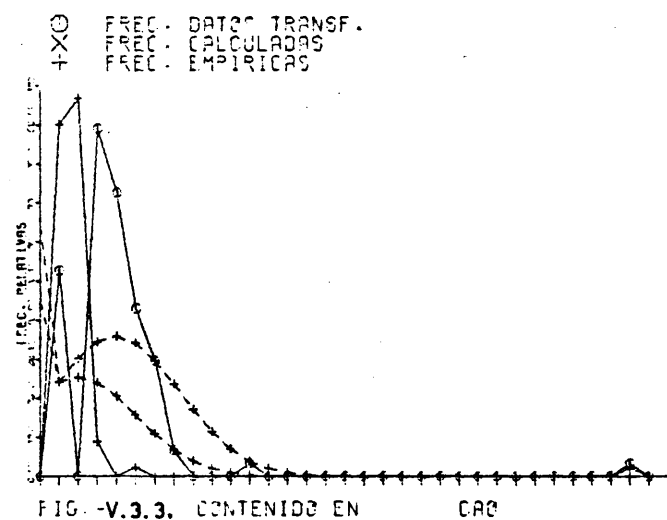
Histograma en fig. V.3.3.

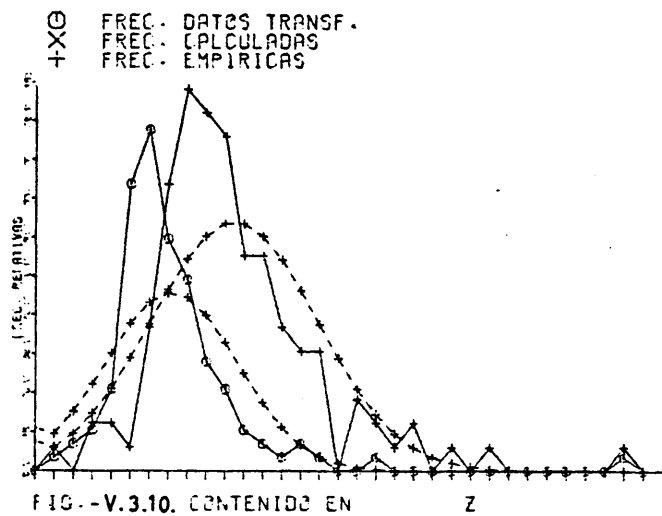
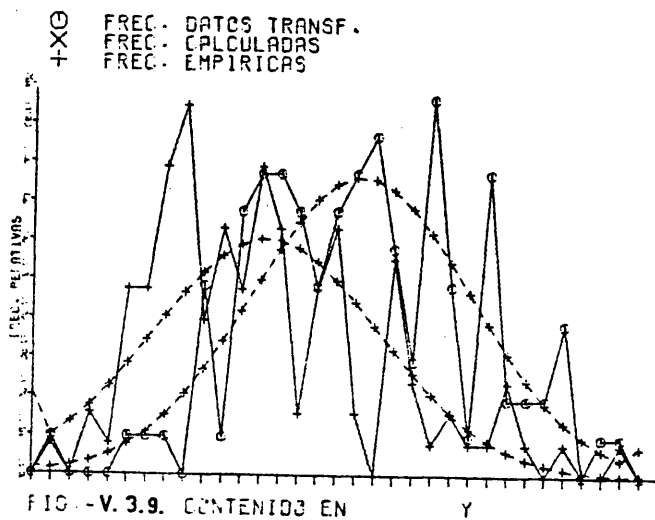
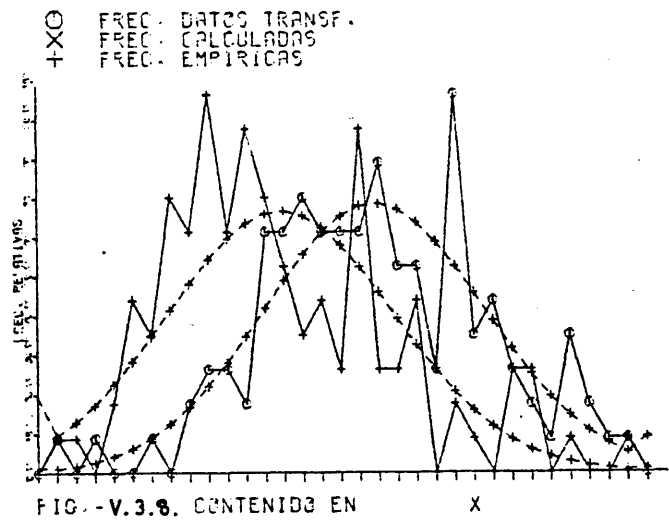
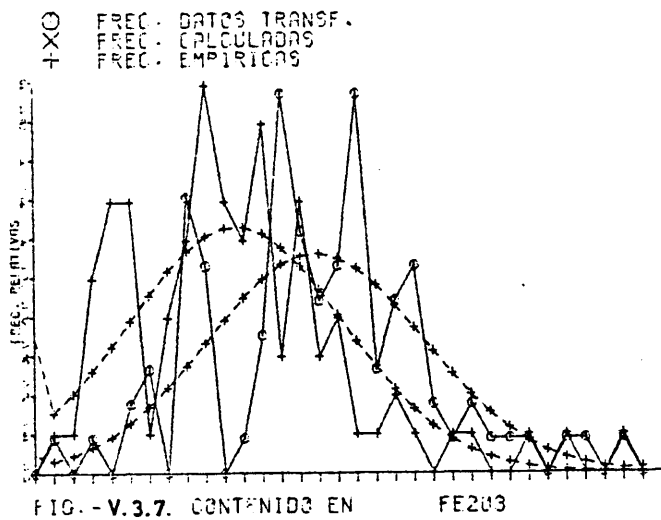
$\chi^2 = 232.784$. $P = 0.293 \times 10^{-3}$

La mejor transformación es $y = x/c$

$\chi^2 = 88.01$. $P = 0.104 \times 10^{-6}$

Histograma en fig. V.3.3.





PARAMETRO 4: Fe₂O₃

Datos en las tablas.

Media = 5.78

Gráfica en fig. V.3.7.

$\chi^2 = 134.349.$ $P = 0.000$

La mejor transformación es $y = x/c$

$\chi^2 = 47.14.$ $P = 0.024$

Gráfica en fig. V.3.7.

PARAMETRO 5: MgO

Datos en las tablas.

Media = 1.2664

Gráfica en fig. V.3.4.

$\chi^2 = 80.86.$ $P = 0.146 \times 10^{-5}$

Transformación $y = L(x - c).$

$\chi^2 = 67.66.$ $P = 0.989 \times 10^{-4}$

Gráfica en fig. V.3.4.

PARAMETRO 6: MnO

Datos en las tablas

Media = 0.248

Gráfica en fig. V.3.5.

$\chi^2 = 1978.06.$ $P = 0.98 \times 10^{-4}$

Transformación $y = \text{Arc sen}(x/Mx).$

$\chi^2 = 123.43.$ $P = 0.000$

Gráfica en fig. V.3.5.

PARAMETRO 7: TiO₂

Datos en las tablas

Media = 1.0653

Gráfica en fig. V.3.6.

$\chi^2 = 167.764.$ $P = 0.000$

Transformación $y = x^c$

$\chi^2 = 154.052.$ $P = 0.000$

Gráfica en fig. V.3.6.

PARAMETRO 8: COORDENADA DE COLOR X.

Datos en las tablas.

Media = 28.360

Histograma en fig. V.3.8.

$\chi^2 = 52.85$. $P = 0.614 \times 10^{-2}$

Transformación $y = \log (x-c)$

$\chi^2 = 27.22$. $P = 0.611$

Gráfica en fig. V.3.8.

PARAMETRO 9: COORDENADA DE COLOR Y.

Datos en las tablas.

Media = 28.063.

$\chi^2 = 61.803$. $P = 0.553 \times 10^{-3}$

Histograma en la fig. V.3.9.

Transformación $y = \log (x-c)$

$\chi^2 = 37.070$. $P = 0.175$

Gráfica en V.3.9.

PARAMETRO 10: COORDEANDA EN COLOR Z.

Datos en las tablas.

Media = 25.86

Histograma en la fig. V.3.10.

$\chi^2 = 5882.39$. $P = 0.175$

Transformación $y = \text{Arc sen } (x/Mx)$

$\chi^2 = 49.67$. $P = 0.013$

Gráfica en V.3.10.

Si eliminamos las muestras que deforman las curvas de los histogramas suponiendo que se trata de muestras anómalas, deberemos de obtener una mejor aproximación a la normal.

Estas muestras anómalas, son:

097143 - Densidad
 197160 - Fe_2O_3
 197162 - X, Z,
 266170 - CaO - MnO - X
 648528 - Al_2O_3
 688522 - Al_2O_3
 18367 - MgO
 266568 - CaO

Y el resultado obtenido tras la aplicación de GETEN, es:

PARAMETRO 1: DENSIDAD

Media = 2.710

$\chi^2 = 31.80$ con $P = 61 \times 10^{-2}$

La mejor transformación es $y = X - \min/\text{Max} - \min$

$\chi^2 = 31.80$ con $P = 0.61$

PARAMETRO 2: CONTENIDO EN Al_2O_3

Media = 31.90

$\chi^2 = 166.968$. $P = 0.000$

La mejor transformación es $y = X/c$

PARAMETRO 3: CONTENIDO EN CaO

Media = 0.460

$\chi^2 = 47.69$ con $P = 0.011$

Transformación $y = \text{Arc sen} (x/Mx)$

$\chi^2 = 34.08$ $P = 0.19$.

PARAMETRO 4: CONTENIDO EN Fe_2O_3

Media = 5.672

 $\chi^2 = 69.85$ $P = 0.194 \times 10^{-4}$ Transformación $y = x/c$ $\chi^2 = 43.84$ $P = 0.0287$ PARAMETRO 5: CONTENIDO EN MgO

Media = 1.2339

 $\chi^2 = 525.44$ $P = 0.028$ Transformación $y = \text{Ln} (x-c)$ $\chi^2 = 46.069$ $P = 0.017$ PARAMETRO 6: CONTENIDO EN MnO

Media = 0.147

 $\chi^2 = 170.706$ $P = 0.017$ Transformación $y = \text{Ln} (x+c)$ $\chi^2 = 250.861$ $P = 0.017$ PARAMETRO 7: CONTENIDO EN TiO_2

Media = 1.102

 $\chi^2 = 126.050$ Transformación $y = \log (x+c)$ $\chi^2 = 126.029$ $P = 0.000$

PARAMETRO 8: COORDENADA DE COLOR X.

Media = 28.21.

$$\chi^2 = 51.16 \quad P = 0.936 \times 10^{-2}$$

Transformación $y = \log (x-c)$

$$\chi^2 = 24.94 \quad P = 0.72$$

PARAMETRO 9: COORDENADA DE COLOR Y.

Media = 28.204

$$\chi^2 = 56.16 \quad P = 0.261 \times 10^{-2}$$

Transformación $y = x/c$

$$\chi^2 = 33.893 \quad P = 0.281$$

PARAMETRO 10: COORDENADA DE COLOR Z.

Media = 26.216

$$\chi^2 = 5014.49 \quad P = 0.28$$

Transformación $y = \log (x-c)$

$$\chi^2 = 50.56 \quad P = 0.010$$

Al eliminar las muestras anómalas observamos que los valores χ^2 han disminuído, ésto es, la distribución se aproxima a la normalidad, y así queda expresado en la tabla V.3.1.

VALORES DE χ^2 PARA DATOS ORIGINALES Y TRANSFORMADOS
DE LOS PARAMETROS DENSIDAD, CUANTOMETRO Y COLOR.

	Pmtro	1	2	3	4	5
Anómalas no elimin.	Original	72.28	190.33	232.78	134.34	80.86
	Transf.	y= x+c 53.70	-	y= x/c 88.01	y= x/c 47.14	y=L (x-c) 67.66
Anómalas elimina.	Original	31.80	166.96	47.69	69.85	
	Transf.	y= x-Min/Max-Min	y= x/c 157.22	y=arc sen /x/mx) 34.08	y= x/c 46.069	y= L (x-c) 46.069

6	7	8	9	10
1978.06	167.76	52.85	61.80	5862.39
y= arc sen (x/Mx) 123.43	y= X ^c 154.05	y= log (x-c) 27.22	y= log (x-c) 37.07	y= arc sen (x/Mx) 49.67
170.70	126.05	51.16	56.16	5014.49
y= L (x+c) 250.86	y= log (x+c) 126.02	y= log (x-c) 24.94	y= x+c 33.89	y= log (x-c) 50.56

Todas, excepto Mn y coordenada de color Z han disminuído.

La subrutina interna del sistema CHI2N que utiliza el programa GETEN tiene como dato de entrada el número de intervalos, es decir, nos aparece como un grado más de libertad del sistema. Como es imposible a priori poder determinar cuál es este número, será preciso iterar el programa variándolo hasta encontrar el que consideremos óptimo.

En los histogramas obtenidos vemos que prácticamente en todas las variables se repite el valor de frecuencia cero, es decir, son histogramas con formas de dientes de sierra muy acusados, y lo hemos interpretado suponiendo que el número de intervalos es muy elevado respecto al número de muestras. Con el fin de obtener una posible mayor representatividad se han efectuado otras dos aplicaciones de GETEN variando el espaciado de intervalos y obteniendo así de 15 á 20 intervalos primero, y de 10 á 15 posteriormente, frente a los 20-30 del primer GETEN ya estudiado.

Tal como era esperado, en los nuevos tratamientos los dientes de sierra desaparecen y por tanto, las χ^2 son menores, tal como vemos en la tabla siguiente:

Tabla V.3.2.

VALORES DE χ^2 PARA DATOS ORIGINALES Y TRANSFORMADOS DE LOS PARAMETROS DE DENSIDAD, CUANTOMETRO Y COLOR CON 15-20 y 10-15 INTERVALOS

Pmtro.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Originales	19.53	73.15	0.54×10^6	40.46	442.73	125.35	39.79	34.51	42.12	0.39×10^4
Transf.	x^c	$x+c$	Arc sen(x/Mx)	x/c	$L(x-c)$	$x+c$	$\log(x+c)$	$x+c$	$\log(x+c)$	$\log(x-c)$
	18.63	65.69	28.73	16.63	18.63	114.43	39.78	20.29	28.48	32.26
Originales	17.00	40.0	44.49	20.67	230.66	49.87	19.40	29.67	26.77	1850.0
Transf.	x/c	x/c	-	x/c	$\log(x-c)$	$x+c$	$\log(x+c)$	$L(x-c)$	$\log(x-c)$	$L(x-c)$
	16.63	36.35		6.92	13.58	37.31	19.39	10.23	9.82	23.31.

Las figuras que corresponden a estos tratamientos son las presentadas en la Fig. V.3.11. y V.3.12. para un número de intervalos situado entre 15 y 20 y las Figs. V.3.13. y V.3.14. para 10-15 intervalos.

Tanto de los valores χ^2 obtenidos con datos originales y transformados como de la observación de las gráficas, podemos asegurar que todos los parámetros responden, dentro de un contexto general, a una distribución normal, pero dentro de cada uno de ellos se aprecian ciertas particularidades. Así, tenemos:

Fig. V.3.11.

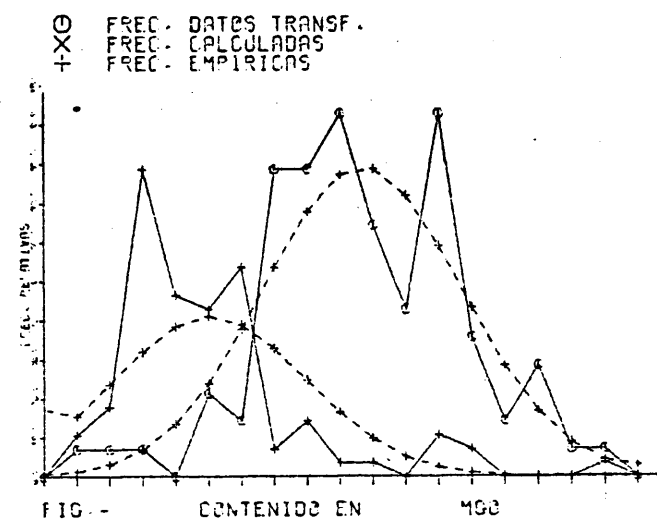
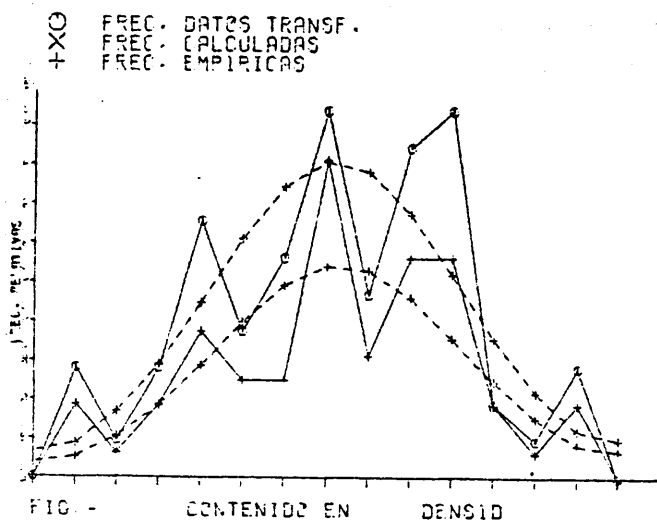
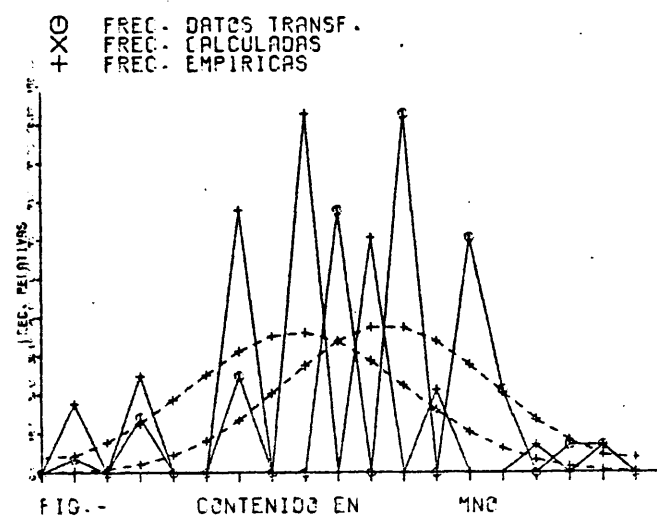
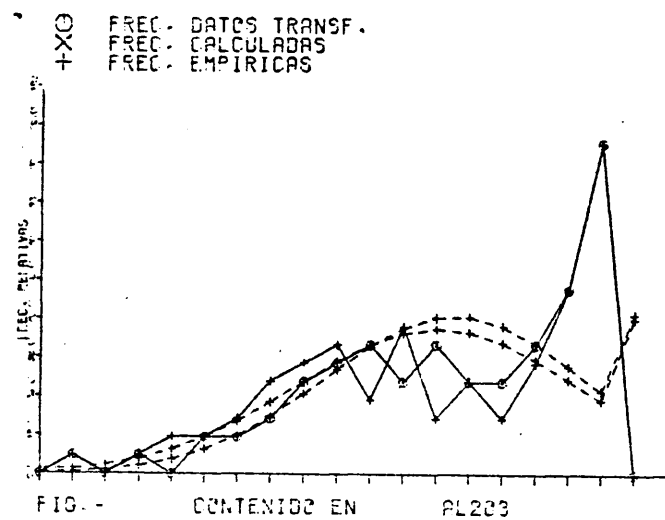
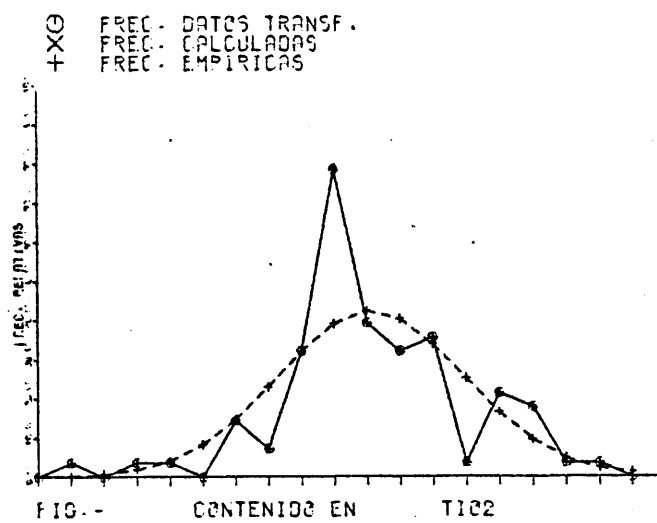
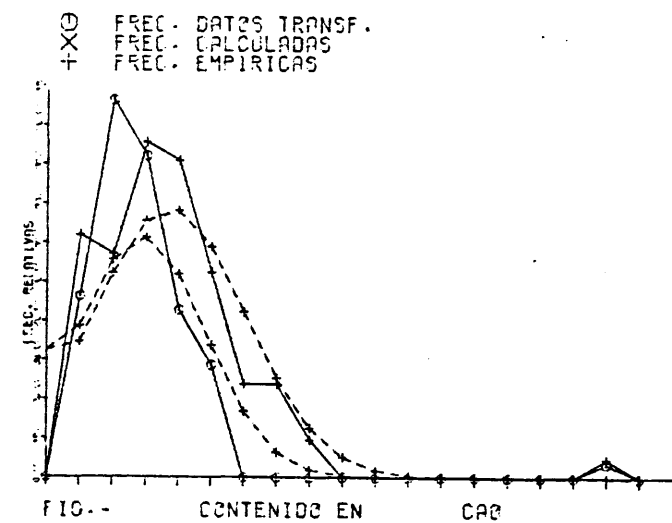


Fig. V.3.12.

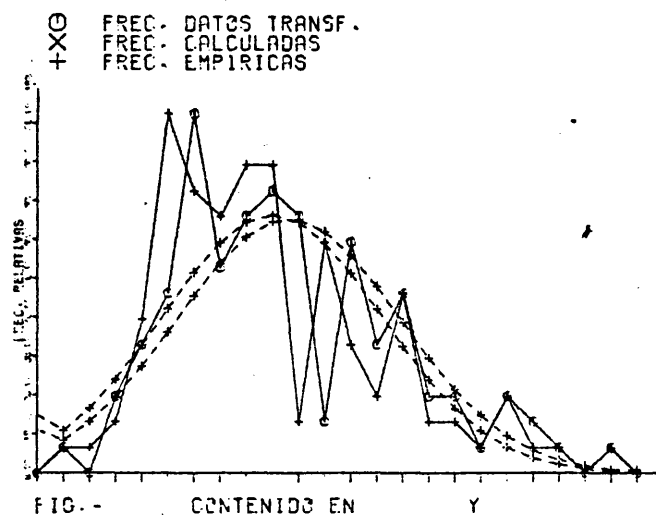
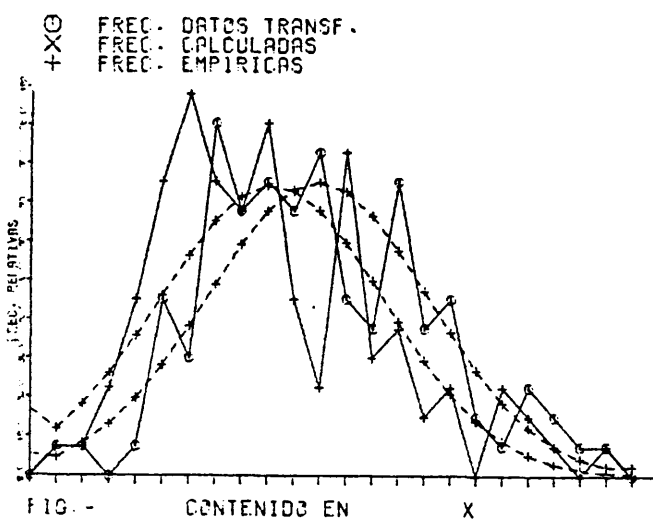
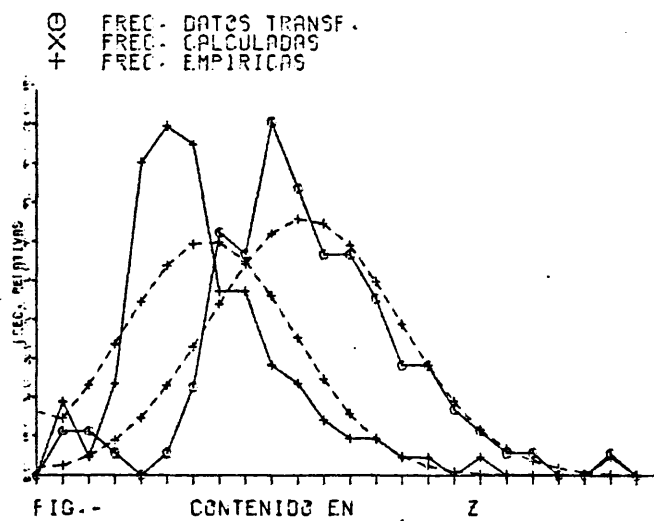
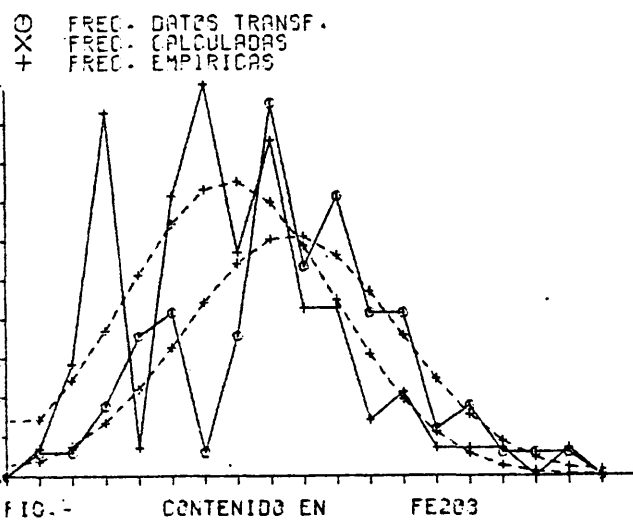


Fig. V.3.13.

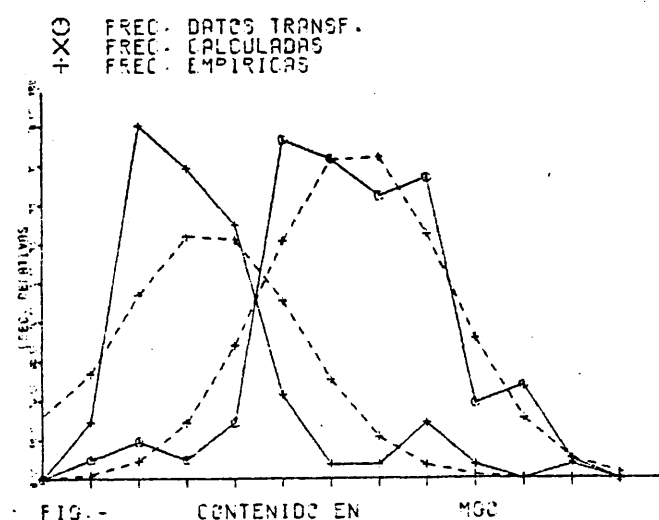
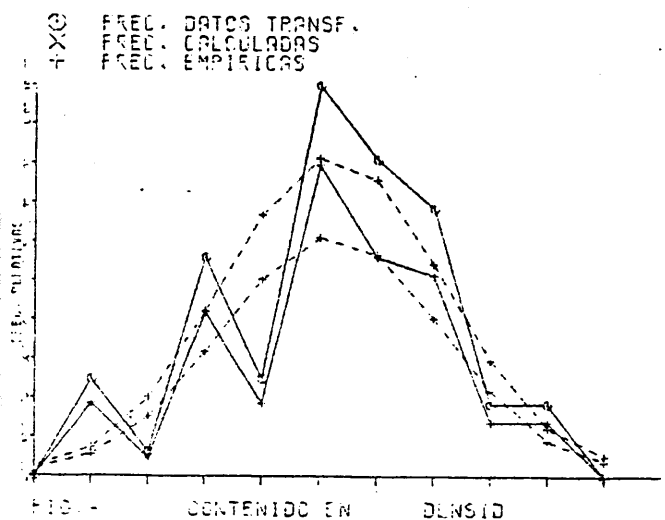
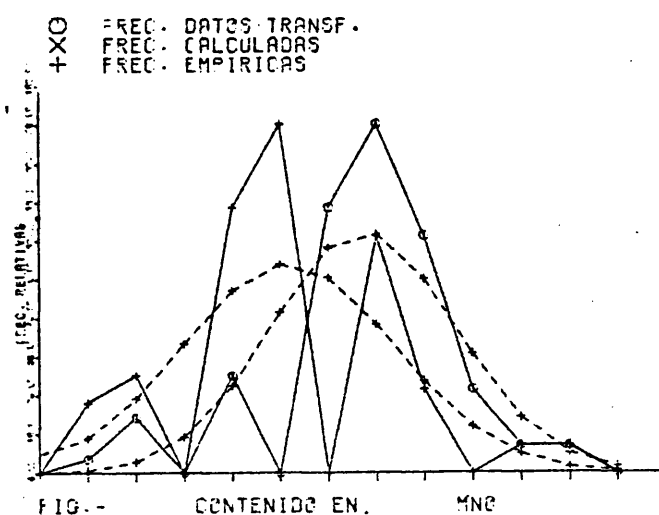
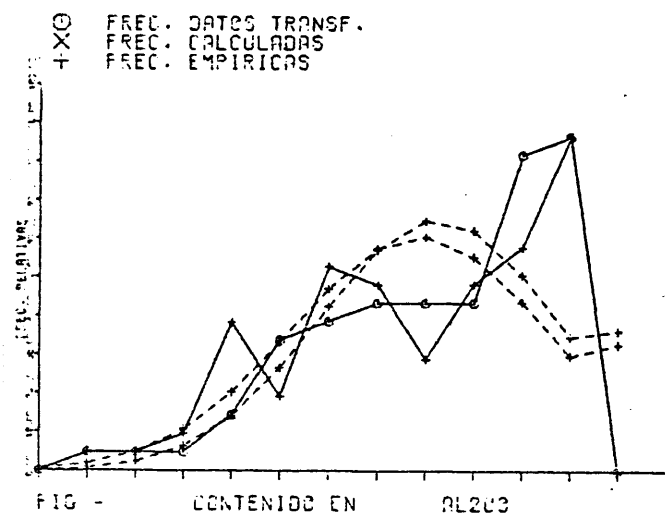
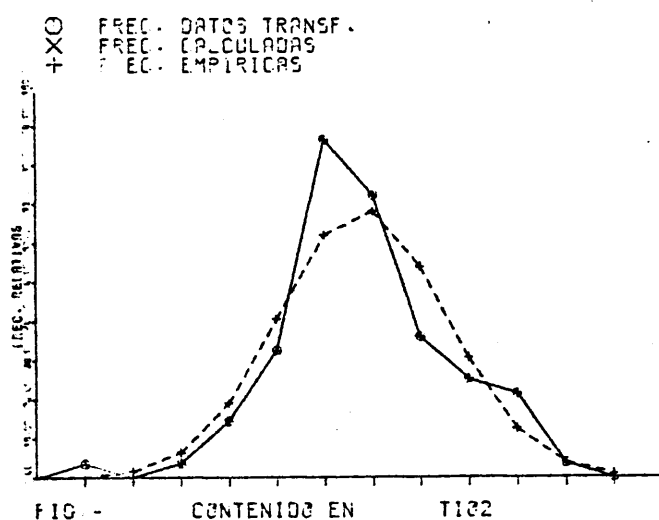
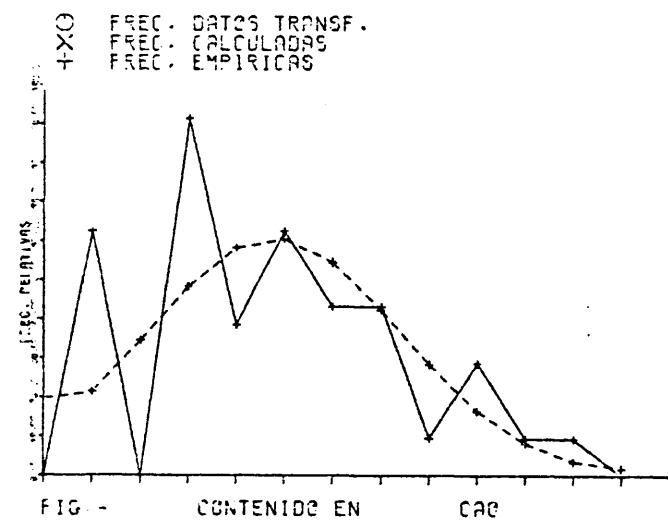
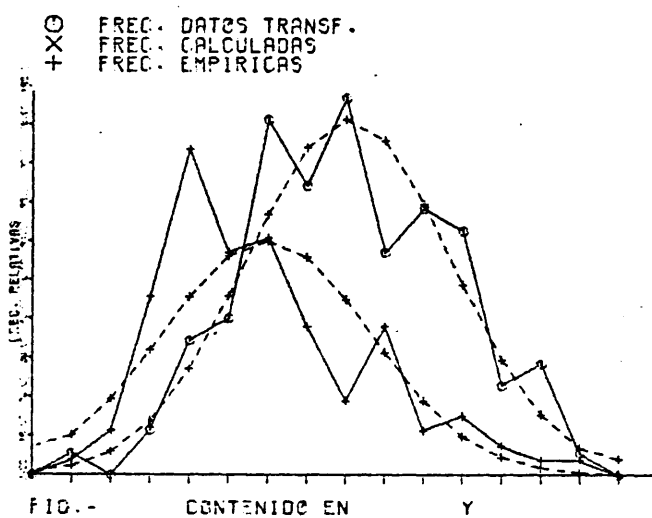
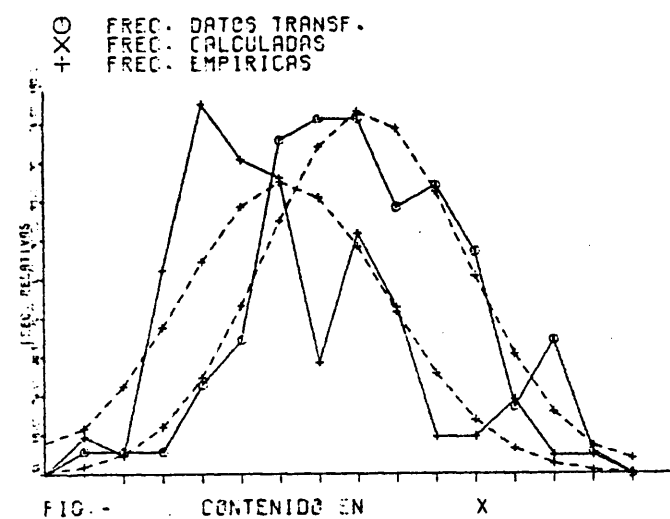
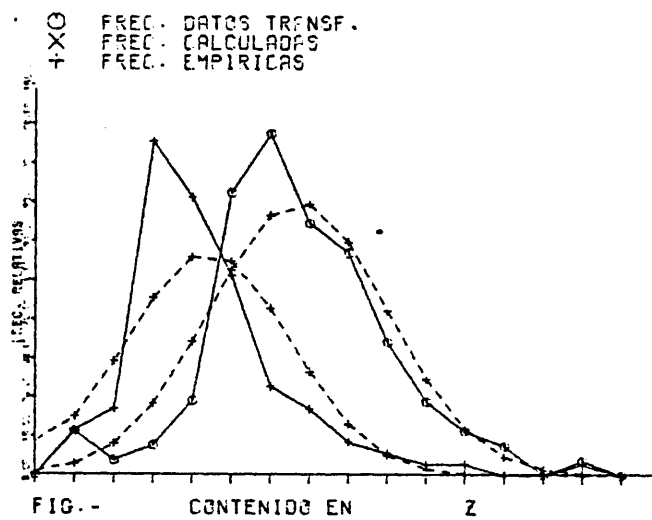
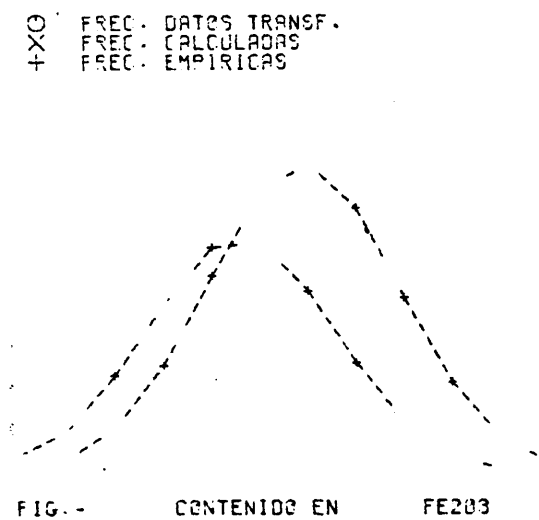


Fig. V. 3.14.



PARAMETRO 1: DENSIDAD.

Pudieran definirse las curvas en todos los histogramas como trimodales, con tres modas principales, que corresponden aproximadamente a los valores 2.5, 2.6 y 2.7.

PARAMETRO 2: Al_2O_3

Es la más irregular de las curvas en todos los histogramas y parece que es el parámetro que mejor puede diferenciar las posibles diversas agrupaciones existentes. Como mínimo se pueden distinguir tres modas, que corresponden aproximadamente a los valores 2.18, 2.83 y 4.00.

PARAMETRO 3: CaO.

También con gráfica estremadamente irregular, es en este parámetro donde se presenta la mayor anomalía, correspondiente a la muestra 266170, de valor 16.0. Se presenta muy bien definida una moda para el valor 1.0, otra para 2.8 y menores para 4.6 y aunque pequeñas, es muy significativa la correspondiente a 8.2.

PARAMETRO 4: Fe_2O_3

Aunque la curva se ajusta bastante a la normalidad, tanto en datos originales como en transformados se puede distinguir dos modas: Una principal en el valor 4.9 y otra secundaria en 2.3

PARAMETRO 5: MgO.

Es uno de los que más se aproximan a la normalidad con una moda principal en el valor 6.1 y una secundaria en el valor 3.7, y aún se puede distinguir una tercera, que podría considerarse como anómala, para el valor. 4.3.

PARAMETRO 6: MnO.

Absolutamente irregular tanto para datos originales como para datos transformados, se aprecian hasta 4 modas muy bien diferenciadas, que corresponden a los valores 0.036, 0.14 y 0.33

PARAMETRO 7: TiO_2

Según se vé en el último histograma, los datos originales se aproximan lo suficiente como para que no exista ninguna transformación que los mejore. La moda corresponde a los valores 1.0 y sólo en los valores próximos a 1.4 parece insinuarse una segunda moda.

PARAMETRO 8: COORDENADA DE COLOR X.

Tanto los datos originales como los transformados presentan varias modas, que podemos asimilar a los valores 21.11, 84.7 y 48.43.

PARAMETRO 9: COORDENADA DE COLOR Y.

También de forma irregular, aún cuando los datos transformados den una buena aproximación a la normalidad. Según los datos originales, podemos distinguir tres modas en orden decreciente en importancia, correspondientes a los valores 21.52, 18.3 y 38.6

PARAMETRO 10: COORDENADA DE COLOR Z.

Su normalidad es deficiente tanto para datos originales como para datos transformados, aún cuando sólo presente una moda principal, correspondiente al valor 20.0.

De este estudio final se deduce que como mínimo deben existir cuatro agrupaciones muestrales diferentes, que son las que trataremos de determinar por los procedimientos estadísticos específicos de separación de agrupaciones muestrales.

V.3.3. DATOS DE EMISIONES GAMMA, CONTENIDO EN U_3O_8 Y DATOS QUIMICOS SEMICUANTITATIVOS.

Tras varias pruebas para determinar el número de intervalos óptimo, hemos llegado a la conclusión de que los histogramas - de frecuencias más significativos en cuanto al tipo de distribución que presentan los datos de γ , U_3O_8 y parámetros químicos semicuantitativos, son los representados en las figuras comprendidas entre V.3.15 y V.3.48.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del programa GETEN, son los siguientes:

PARAMETRO 1: GAMMAMETRIA.

Datos en las tablas.

Histograma en fig. V.3.15

Media = 144.594

Número de intervalos = 6 con paso = 155.827

$\chi^2 = 157.73$ P = 0.000

Efectuadas las transformaciones, obtenemos como mejor $y = \log(x-c)$

$\chi^2_2 = 2.302$ P = 0.68

PARAMETRO 2: U_3O_8

Datos en las tablas.

Histograma en fig. V.3.16.

Media = 0.152

Número de intervalos = 9 con paso = 0.238

$\chi^2 = 262.172$ P = 0.00

Efectuadas las transformaciones obtenemos como mejor $y = L(x-c)$

$\chi^2 = 9.847$ P = 0.197

PARAMETRO 3: Al

Datos en las tablas

Histograma en fig. V.3.17

Media = 9.509

Número de intervalos = 10, con paso = 1.75

$\chi^2 = 27.348$ $P = 0.00061$

La mejor transformación es $y = \sqrt{x+c}$

$\chi^2 = 11.088$ $P = 0.196$

PARAMETRO 4: B

Datos en las tablas

Histograma en fig. V.3.27

Media = 0.051

Número de intervalos = 10, con paso = 0.0186

$\chi^2 = 60.518$ $P = 0.00$

La mejor transformación es $y = \sqrt{x+c}$

$\chi^2 = 35.078$ $P = 0.0000025$

PARAMETRO 5: Ca

Datos en las tablas

Histograma en fig. V.3.18

Media = 0.366

Número de intervalos = 10 con paso = 0.123

$\chi^2 = 37.135$ $P = 0.000001$

La mejor transformación es $y = \sqrt{x+c}$

$\chi^2 = 12.082$ $P = 0.14$

PARAMETRO 6: Cr

Datos en las tablas

Histograma en fig. V.3.19

Media = 0.025

Número de intervalos = 10 con paso = 0.00987

$\chi^2 = 17.100$ $P = 0.029$

La mejor transformación es la original.

PARAMETRO 7: Cu

Datos en tablas.

Histograma en fig.V.3.20

Media = 0.014

Número de intervalos = 10 con paso = 0.00987

$\chi^2 = 108.55$ P = 0.000

La mejor transformación es $y = \sqrt{x+c}$

$\chi^2 = 43.256$ P = 0.00

PARAMETRO 8: Fe

Datos en tablas

Histograma en fig.V.3.28

Media = 6.84

Número de intervalos = 10 Paso = 2.375

$\chi^2 = 20.409$ P = 0.009

La mejor transformación es $y = \sqrt{x/c}$

$\chi^2 = 12.88$ P=0.115

PARAMETRO 9: Ga

Datos en tablas

Histograma en fig.V.3.21.

Media = 0.008

Número de intervalos = 10 con paso = 0.003

$\chi^2 = 42.13$ P = 0.00

La mejor transformación es la original.

PARAMETRO 10: K

Datos en tablas

Histograma en fig.V.3.22.

Media = 2.190

Número de intervalos = 10 con paso = 0.575

$\chi^2 = 16.682$ P = 0.033

La mejor transformación es $y = L(x-c)$

$$\chi^2 = 15.21 \quad P = 0.055$$

PARAMETRO 11: Li

Datos en tablas

Histograma en fig.V.3.23

Media = 0.153

Número de intervalos = 10 con paso = 0.0462

$$\chi^2 = 27.18 \quad P = 0.0006$$

La mejor transformación es $y = \log(x-c)$

$$\chi^2 = 17.926 \quad P = 0.021$$

PARAMETRO 12: Mg

Datos en tablas

Histograma en fig. V.3.29

Media = 1.054

Número de intervalos = 10 con paso = 1.24

$$\chi^2 = 299620.00 \quad P = 0.021$$

La mejor transformación es $y = \log(x-c)$

$$\chi^2 = 14.204 \quad P = 0.076$$

PARAMETRO 13: Mn

Datos en tablas

Histograma en fig. V.3.24.

Media = 0.0585

Número de intervalos = 10 con paso = 0.0748

$$\chi^2 = 3276.72 \quad P = 0.000$$

La mejor transformación es $y = \log(x-c)$

$$\chi^2 = 17.931 \quad P = 0.0217$$

PARAMETRO 14: Na

Datos en tablas

Histograma en fig. V.3.25.

Media = 0.516

Número de intervalos = 10 con paso = 0.749

$\chi^2 = 32.7767$ $P = 0.000$

La mejor transformación es $y = \log (x+c)$

$\chi^2 = 82.7765$ $P = 0.000$

PARAMETRO 15: Ni

Datos en tablas

Histograma en fig. V.3.26

Media = 0.016 con paso = 0.0048

$\chi^2 = 68.454$ $P = 0.000$

La mejor transformación es $y = \log (x+c)$

$\chi^2 = 48.65$ $P = 0.000$

PARAMETRO 16: Ti

Datos en tablas

Histograma en fig. V.3.30

Media = 0.848 con paso = 0.370

$\chi^2 = 370.33$ $P = 0.000$

La mejor transformación es $y = \sqrt{x/c}$

$\chi^2 = 32.88$ $P = 0.000$

PARAMETRO 17: V

Datos en tablas

Histograma en fig. V.3.31.

Media = 0.0659 con paso = 0.0623

$\chi^2 = 72338.9$ $P = 0.000$

La mejor transformación es $y = \arcsen (x/Mx)$

$\chi^2 = 29.95$ $P = 0.002$

○ FREQ. DATOS TRANSF.
 + FREQ. CALCULADAS
 + FREQ. DATOS CBS

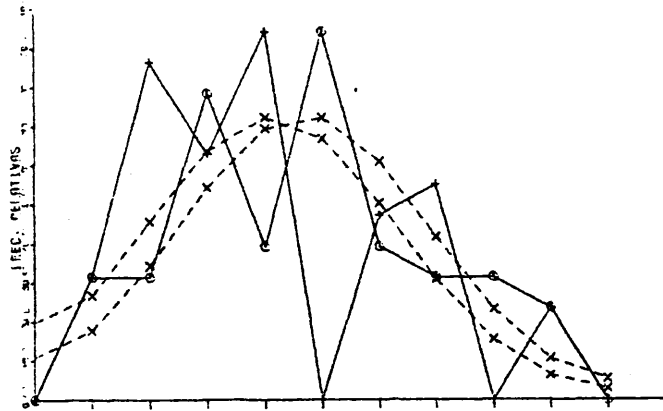


FIG.-V.3.17. CONTENIDO EN PL

+XG FREQ. DATOS TRANSF.
 + FREQ. CALCULADAS
 + FREQ. DATOS CBS

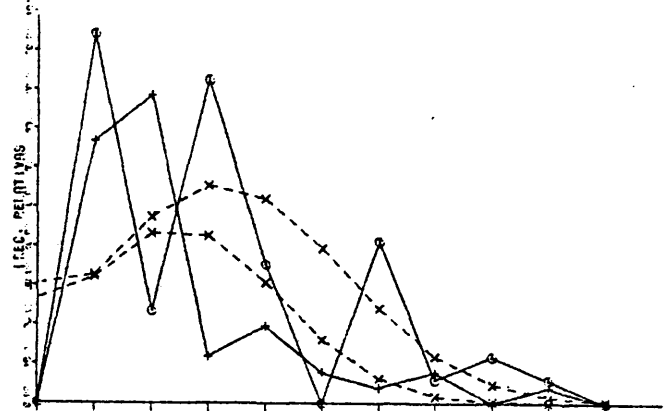


FIG.-V.3.20. CONTENIDO EN CU

○ FREQ. DATOS TRANSF.
 + FREQ. CALCULADAS
 + FREQ. DATOS CBS

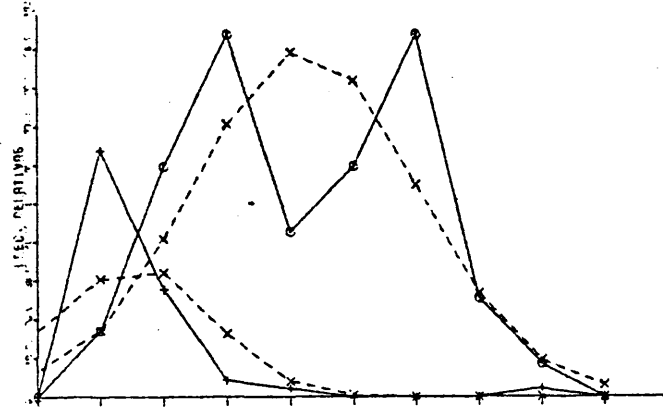


FIG.-V.3.16. CONTENIDO EN U329

+XG FREQ. DATOS TRANSF.
 + FREQ. CALCULADAS
 + FREQ. DATOS CBS

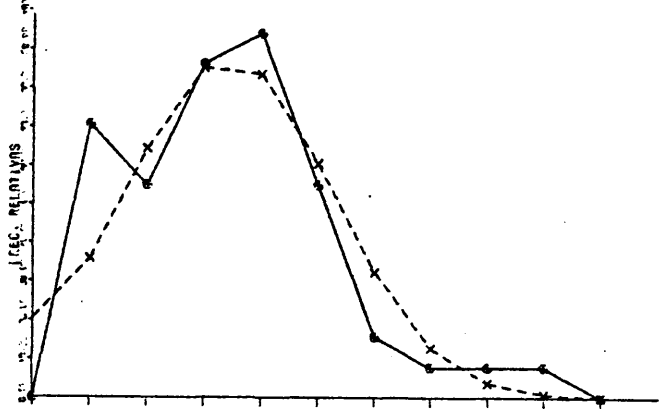


FIG.-V.3.19. CONTENIDO EN CR

+XG FREQ. DATOS TRANSF.
 + FREQ. CALCULADAS
 + FREQ. DATOS CBS

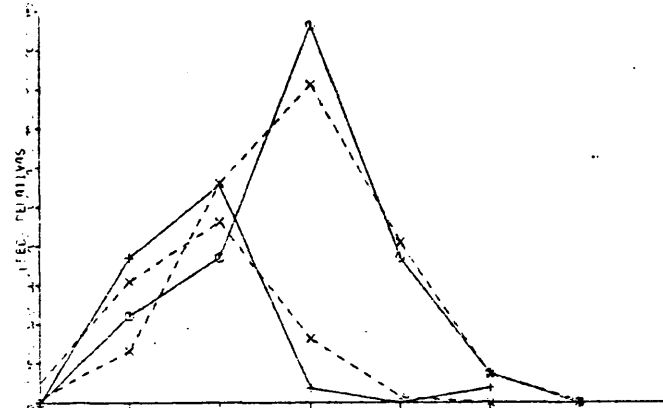


FIG.-V.3.15. CONTENIDO EN GRMMP

+XG FREQ. DATOS TRANSF.
 + FREQ. CALCULADAS
 + FREQ. DATOS CBS

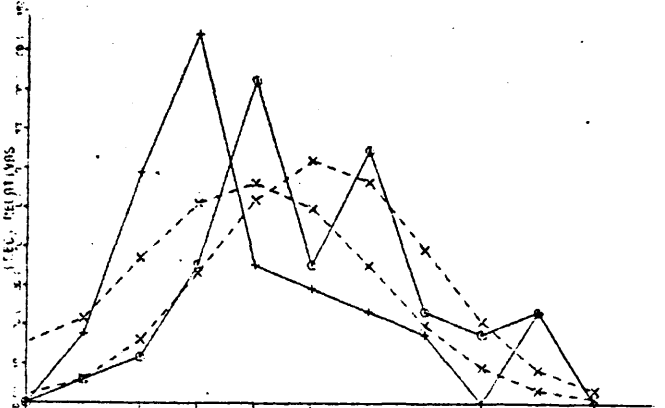


FIG.-V.3.18. CONTENIDO EN CA

+XO
FREC. DATOS TRANSF.
FREC. CALCULADAS
FREC. DATOS CBS

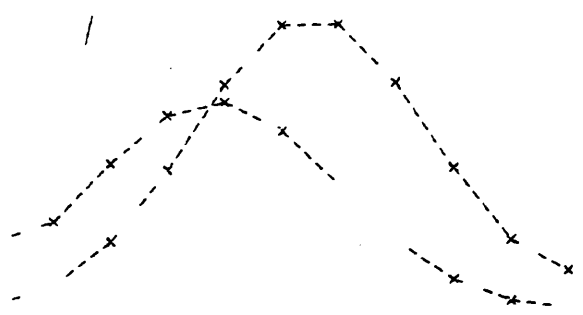


FIG -V.3.23. CONTENIDO EN LI

+XO
FREC. DATOS TRANSF.
FREC. CALCULADAS
FREC. DATOS CBS

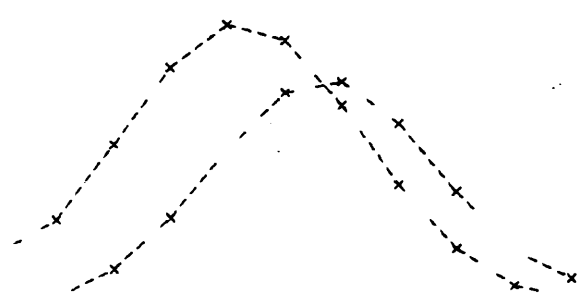
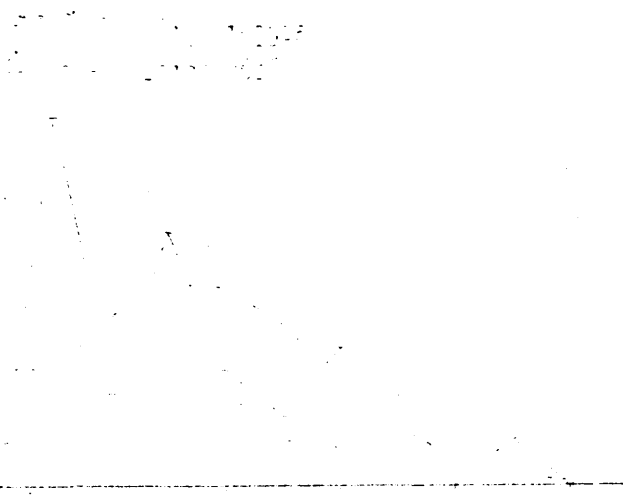


FIG -V.3.22. CONTENIDO EN K



V.3.21.

+XO
FREC. DATOS TRANSF.
FREC. CALCULADAS
FREC. DATOS CBS

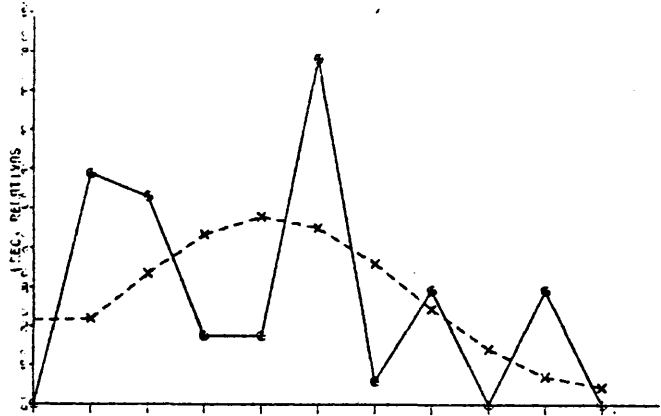


FIG -V.3.26. CONTENIDO EN NI

+XO
FREC. DATOS TRANSF.
FREC. CALCULADAS
FREC. DATOS CBS

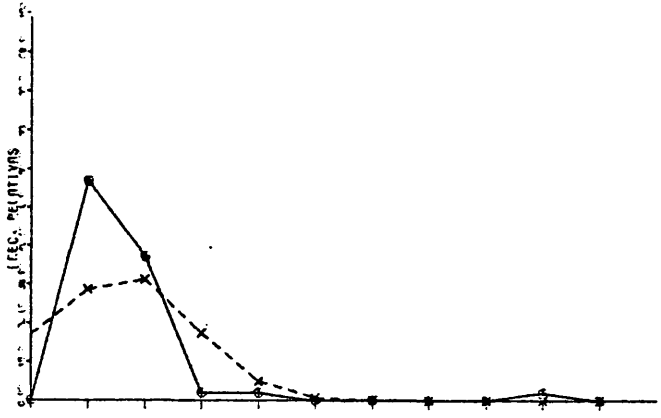


FIG -V.3.25. CONTENIDO EN NP

+XO
FREC. DATOS TRANSF.
FREC. CALCULADAS
FREC. DATOS CBS

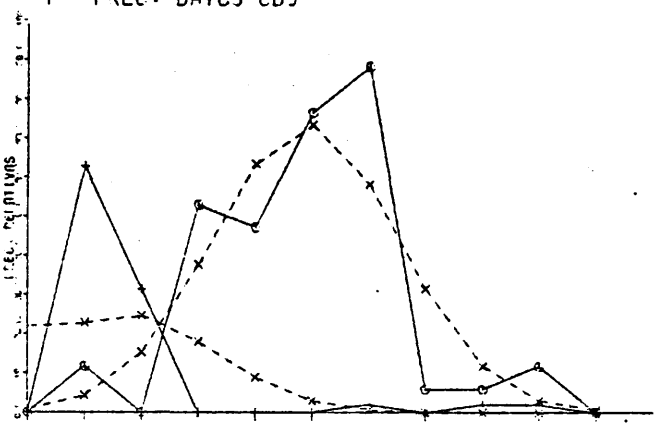


FIG -V.3.24. CONTENIDO EN MN

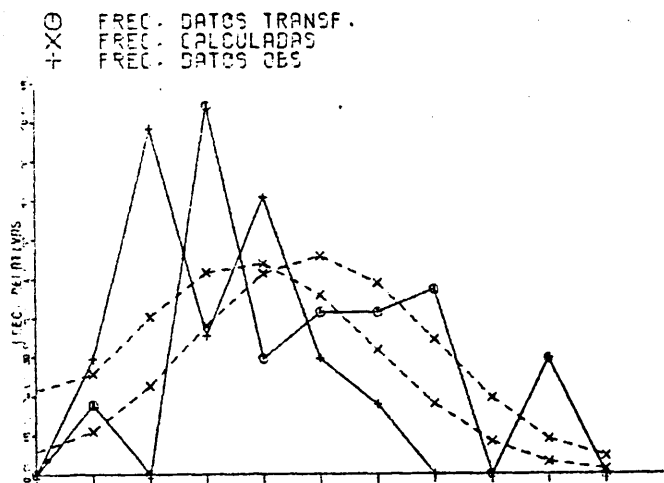


FIG. -V.3.27. CONTENIDO EN B

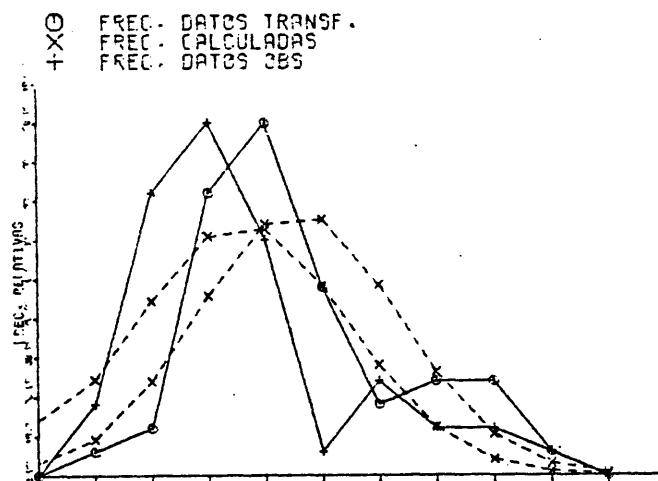


FIG. -V.3.28. CONTENIDO EN FE

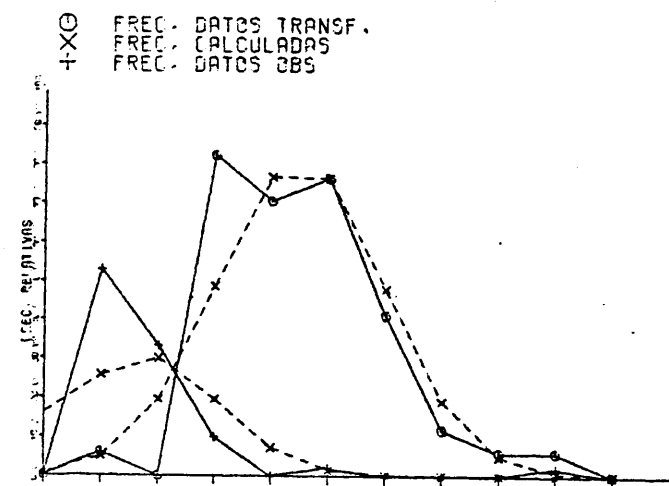


FIG. -V.3.29. CONTENIDO EN MG

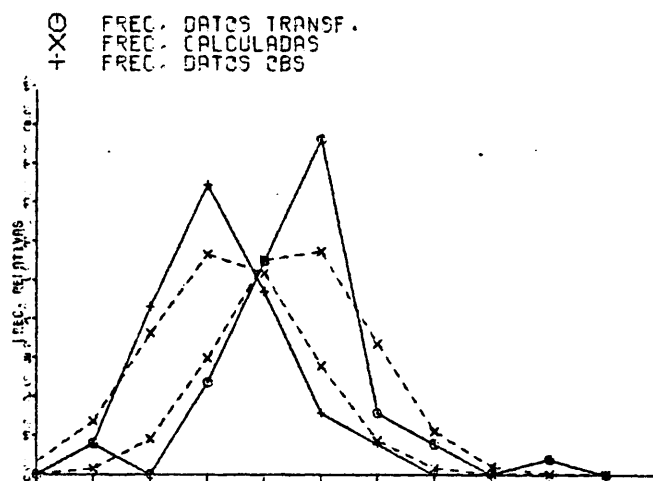


FIG. -V.3.30. CONTENIDO EN TI

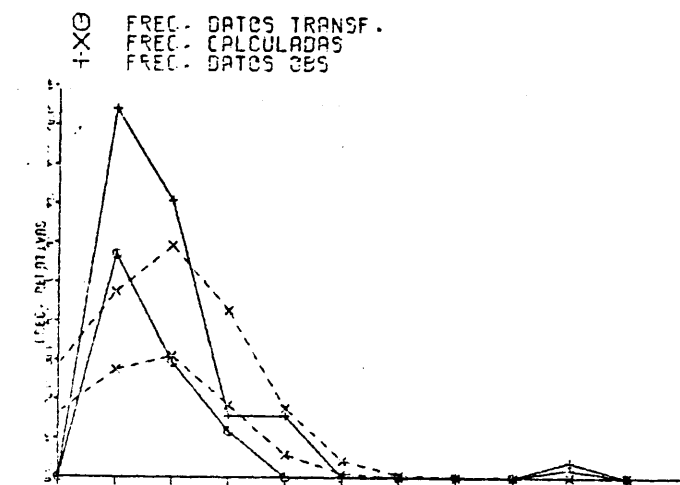


FIG. -V.3.31. CONTENIDO EN V

Con estos resultados vemos que los valores de probabilidad - alcanzados son muy pequeños, incluídas las obtenidas con los datos transformados. Si suponemos que los valores extremos aislados obtenidos para algunos parámetros corresponden a anomalías - extrañas y ocasionales, podremos eliminar las muestras a las que corresponden, y efectuar de nuevo el análisis con GETEN

Estas muestras anómalas, son:

1004 - γ
 1004 - U_3O_8
 1038 - Mg
 1043 - Na
 1008 - Ti
 1008 - V

Y obtenemos:

PARAMETRO 1: GAMMAMETRIA.

Histograma en fig. V.3.32.

Media = 125.266

Número de grupos = 6

$\chi^2 = 5.675$ $P = 0.22$

La mejor transformación es $y = \sqrt{x+c}$

$\chi^2 = 3.83$ $P = 0.43$

PARAMETRO 2: U_3O_8

Histograma en fig. V.3.33.

Media = 0.127

Número de grupos = 9

$\chi^2 = 176.17$ $P = 0.000$

La mejor transformación es $y = \log (x-c)$

$\chi^2 = 11.92$ $P = 0.10$

PARAMETRO 3: Al

Histograma en fig. V.3.34.

Media = 9.617

Número de grupos = 9 con paso = 2.000

$\chi^2 = 14.292$ P = 0.046

La mejor transformación es $y = \log (x-c)$

$\chi^2 = 5.87$ P = 0.55

PARAMETRO 4: B

Histograma en fig. V.3.44.

Media = 0.0529

Número de grupos = 9 con paso = 0.021

$\chi^2 = 46.49$ P = 0.000

La mejor transformación es $y = \sqrt{x+c}$

$\chi^2 = 20.49$ P = 0.0054

PARAMETRO 5: Ca

Histograma en fig. V.3.35.

Media = 0.362

Número de grupos = 9 con paso = 0.141

$\chi^2 = 26.91$ P = 0.0003

La mejor transformación es $y = \sqrt{x+c}$

$\chi^2 = 10.29$ P = 0.172

PARAMETRO 6: Cr

Histograma en fig. V.3.36.

Media = 0.025

Número de grupos = 9 con paso = 0.011

$\chi^2 = 37.78$ P = 0.000

La mejor transformación es $y = L (x+c)$

$\chi^2 = 36.15$ P = 0.000

PARAMETRO 7: Cu

Histograma en fig. V.3.37

Media = 0.014

Número de grupos = 9 con paso = 0.011

$\chi^2 = 100.34$ P = 0.00

La mejor transformación es $y = \sqrt{x+c}$

$\chi^2 = 21.59$ P = 0.003

PARAMETRO 8: Fe

Histograma en fig. V.3.45

Media = 6.659

Número de grupos = 9 con paso = 2.714

$\chi^2 = 38.91$ P = 0.000

La mejor transformación es $y = L (x-c)$

$\chi^2 = 9.79$ P = 0.20

PARAMETRO 9: Ga

Histograma en fig. V.3.38

Media = 0.008

Número de grupos = 9 con paso = 0.0034

$\chi^2 = 30.27$ P = 0.000

La mejor transformación es $y = L (x+c)$

$\chi^2 = 28.59$ P = 0.000

PARAMETRO 10:K

Histograma en fig. V.3.39

Media = 2.172

Número de grupos = 9 con paso = 0.6571

$\chi^2 = 14.56$ P = 0.042

La mejor transformación es $y = \sqrt{x+c}$

$\chi^2 = 8.99$ P = 0.25

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300

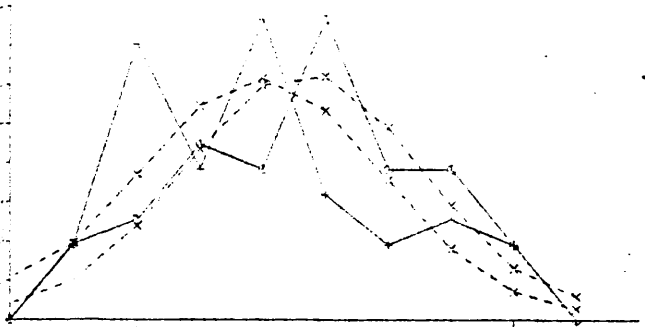


FIG -V.3.34. 2 - NI 2 + N

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300

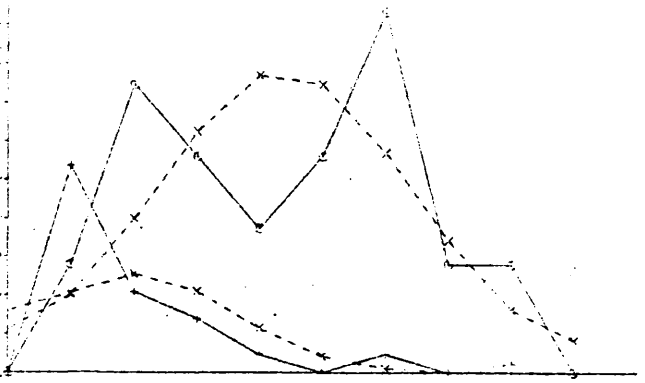
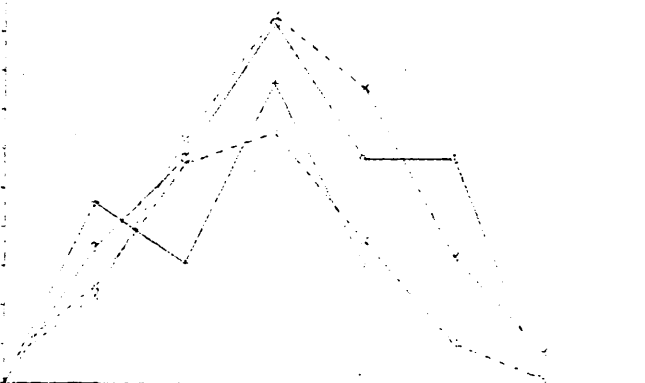


FIG -V.3.33. 2 - NI 2 + N

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300



V.3.32. 2 - NI 2 + N

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300

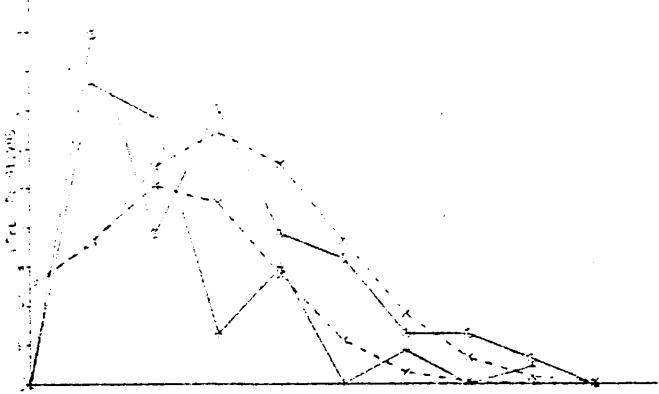


FIG -V.3.37. 2 - NI 2 + N

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300

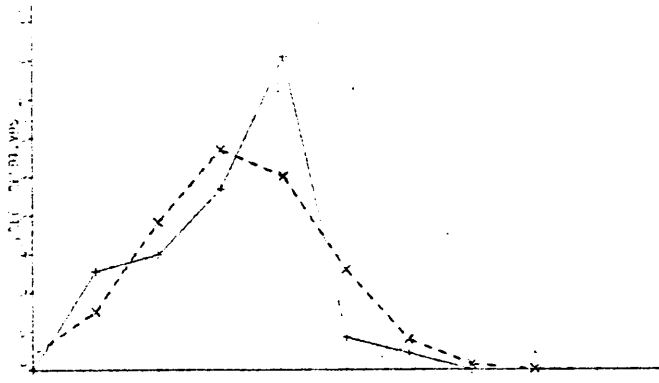
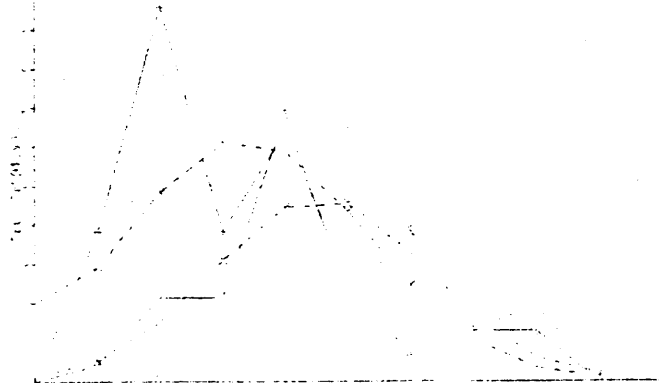


FIG -V.3.36. 2 - NI 2 + N

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200
 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300



V.3.35. 2 - NI 2 + N

FIG. V.3.40. INT. NO. 2 EN. LI

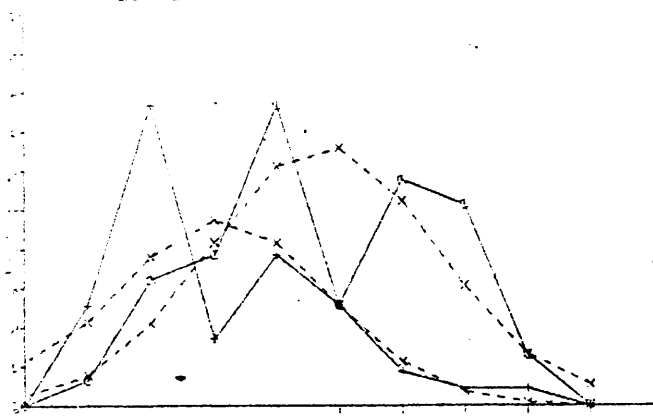


FIG. V.3.40. INT. NO. 2 EN. LI

FIG. V.3.43. INT. NO. 2 EN. NI

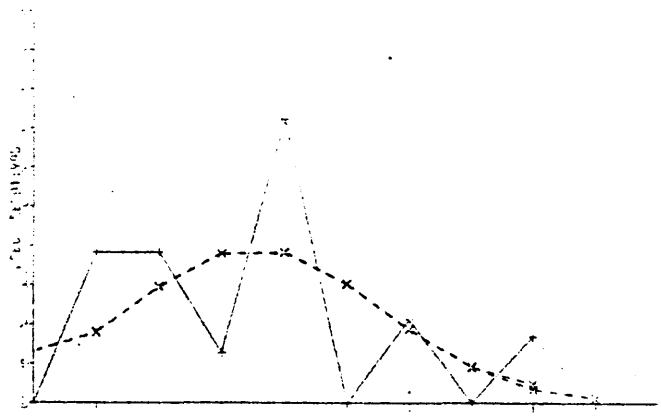


FIG. V.3.43. INT. NO. 2 EN. NI

FIG. V.3.39. INT. NO. 2 EN. NI

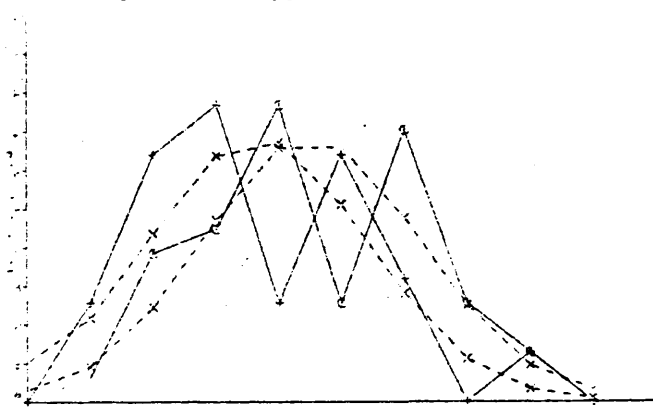


FIG. V.3.39. INT. NO. 2 EN. NI

FIG. V.3.42. INT. NO. 2 EN. NI

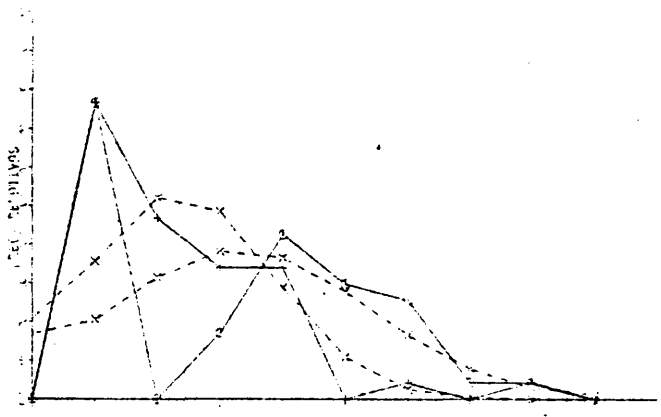


FIG. V.3.42. INT. NO. 2 EN. NI

FIG. V.3.38. INT. NO. 2 EN. NI

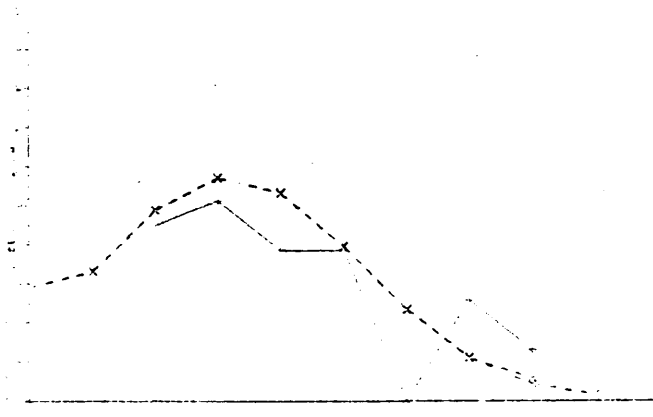


FIG. V.3.38. INT. NO. 2 EN. NI

FIG. V.3.41. INT. NO. 2 EN. NI

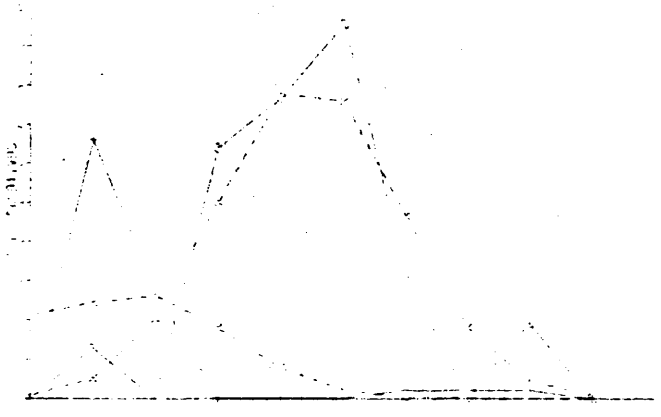


FIG. V.3.41. INT. NO. 2 EN. NI

FREQ DT R
 100 2 0.09
 100 2 0.09

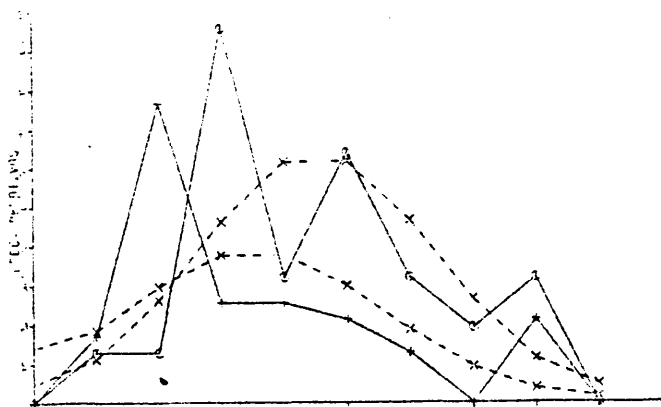


FIG - V.3.44. DISTANCE

FREQ DT R
 100 2 0.09
 100 2 0.09

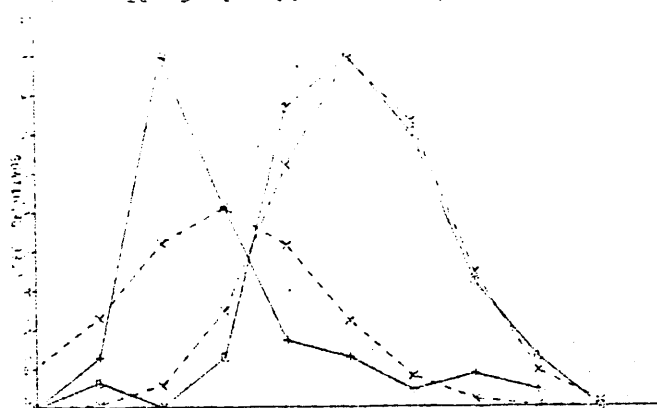


FIG - V.3.45. DISTANCE

FREQ DTG TRANSF.
 100 2 0.09
 100 2 0.09

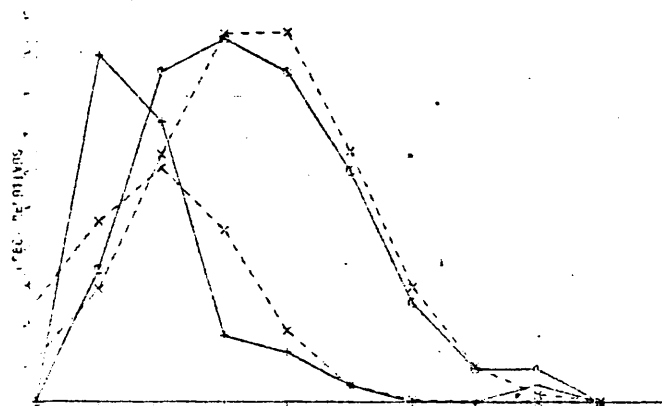


FIG - V.3.46. DISTANCE

FREQ DTG TRANSF.
 100 2 0.09
 100 2 0.09

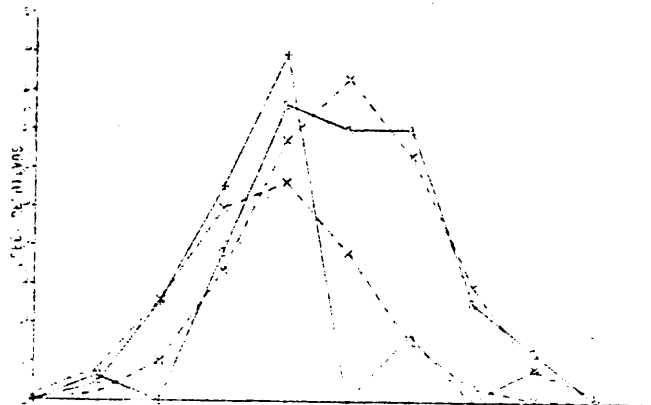


FIG - V.3.47. DISTANCE

FREQ DTG TRANSF.
 100 2 0.09
 100 2 0.09

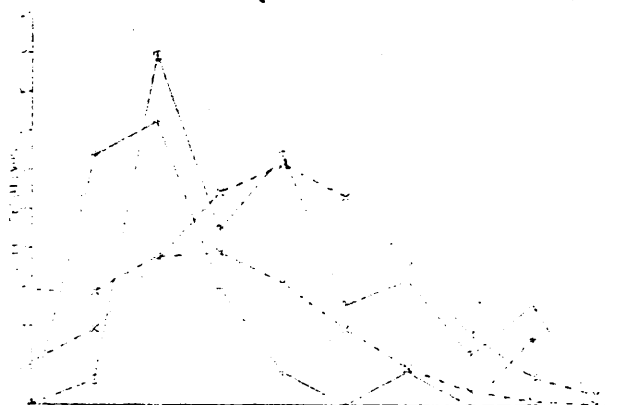


FIG - V.3.48. DISTANCE

PARAMETRO 11: Li

Histograma en fig. V.3.40

Media = 0.147

Número de grupos = 9 con paso = 0.052

$\chi^2 = 21.07$ P = 0.003

La mejor transformación es $y = \log (x-c)$

$\chi^2 = 8.99$ P = 0.25

PARAMETRO 12: Mg

Histograma en fig. V.3.46

Media = 0.857

Número de grupos = 9 con paso = 0.685

$\chi^2 = 2572.78$ P = 0.000

La mejor transformación es $y = \log (x-c)$

$\chi^2 = 5.18$ P = 0.63

PARAMETRO 13: Mn

Histograma en fig. V.3.41.

Media = 0.059

Número de grupos = 9 con paso = 0.0855

$\chi^2 = 910.44$ P = 0.000

La mejor transformación es $y = L (x-c)$

$\chi^2 = 17.89$ P = 0.012

PARAMETRO 14: Na

Histograma en fig. V.3.42.

Media = 0.404

Número de grupos = 10 con paso = 0.2855

$\chi^2 = 125.54$ P = 0.000

La mejor transformación es $y = \sqrt{x+c}$

$\chi^2 = 52.15$ P = 0.000

PARAMETRO 15: Ni

Histograma en fig. V.3.43.

Media = 0.0155

Número de grupos = 9 con paso = 0.0055

$\chi^2 = 42.07$ P = 0.00

La mejor transformación es $y = L(x+c)$

$\chi^2 = 36.67$ P = 0.00

PARAMETRO 16: Ti

Histograma en fig. V.3.47

Media = 0.822

Número de grupos = 9 con paso = 0.28

$\chi^2 = 43.61$ P = 0.000

La mejor transformación es $y = \sqrt{x+c}$

$\chi^2 = 4.66$ P = 0.70

PARAMETRO 17: V

Histograma en fig. V.3.48

Media = 0.0589

Número de grupos = 9 con paso = 0.026

$\chi^2 = 90.37$ P = 0.000

La mejor transformación es $y = \log(x-c)$

$\chi^2 = 25.38$ P = 0.0006

El resumen de todo este estudio, podemos visualizarlo más fácilmente con una tabla en la que se verá de forma clara cómo han variado los valores de las probabilidades al eliminar las muestras anómalas y al efectuar las transformaciones. Esto viene indicado en la Tabla V.3.3.

Tabla V.3.3.

VALORES DE χ^2 PARA DATOS ORIGINALES Y TRANSFORMADOS DE LOS PARAMETROS γ , u_{08} Y ESPECTROGRAFICOS SEMICUANTITATIVOS.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Original	157.73	262.17	27.34	60.51	37.13	17.10	108.55	20.40
Transf.	$\log(x-c)$	$L(x-c)$	$x+c$	$x+c$	$x+c$	-	$x+c$	x/c
	2.30	9.84	11.08	35.07	12.08		43.25	12.88
Original	5.67	176.17	14.29	46.49	26.91	37.78	100.34	38.91
Transf.	$x+c$	$\log(x-c)$	$\log(x-c)$	$x+c$	$x+c$	$L(x+c)$	$x+c$	$L(x-c)$
	3.83	11.92	5.87	20.49	10.29	36.15	21.59	9.79

	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Original	42.13	16.68	27.18	29.62	3276.72	32.77	68.45	370.33	72338.9
Transf.	-	$L(x-c)$	$\log(x-c)$	$\log(x-c)$	$\log(x-c)$	$\log(x+c)$	$\log(x+c)$	x/c	$\arcsen(x/mx)$
		15.21	17.92	14.20	17.93	82.77	48.65	32.08	29.95
Original	30.27	14.56	21.07	2572.78	910.44	125.54	42.07	43.61	90.37
Transf.	$L(x+c)$	$x+c$	$\log(x-c)$	$\log(x-c)$	$L(x-c)$	$x+c$	$L(x+c)$	$x+c$	$\log(x-c)$
	28.59	8.99	8.99	5.18	17.89	52.15	36.67	4.66	25.38

V.3.4.

CONCLUSIONES

Del estudio de las probabilidades de aproximación a la distribución normal y determinación de funciones de transformación de todos y cada uno de los parámetros analizados, deducimos:

1) Los datos del Universo muestral, considerando cada uno de los parámetros por separado nos indica que en su forma original no se adaptan a una distribución normal.

2) En la identificación de las funciones matemáticas que - aplicadas a los datos originales producen una mayor aproximación a la distribución normal, obtenemos que las que presentan una mayor probabilidad, son en orden de frecuencias: a) La función logarítmica, $y = \log(x)$ ó $y = \ln(x)$. b) La función raíz, $y = \sqrt{x+c}$. c) En algún caso es obtiene una mejor aproximación con la función $y = \arcsen(x)$. d) Otras funciones, más raras, son la exponencial X^c , X-min/Max-min, etc.

Este resultado se ajusta a lo que con más frecuencia es - citado en las publicaciones que se refieren a este tema.

3) A partir de los histogramas de frecuencias, la mayor, - parte de los cuales presentan un perfil en dientes de sierra, deducimos que el Universo muestral no es homogéneo, sino que - está compuesto de, al menos y en el caso más simple, tres tipos diferentes de agrupaciones muestrales.

4) Las diferentes agrupaciones muestrales que se pueden diferenciar para cada parámetro combinadas con las de todos los demás, nos dará origen a una gran diversidad de familias (litologías), posibles constituyentes del Universo muestral considerado. La deducción y definición de estos subconjuntos muestrales se obtendrá y expondrá más adelante.

V.4. ESTUDIO ESTADISTICO DE LOS DIFRACTOGRAMAS DE RAYOS X

V.4.1. INTRODUCCION.

Como ya hemos indicado anteriormente, disponemos de los difractogramas de rayos X de 132 muestras, de los cuales trataremos de obtener el máximo de información.

Puesto que el difractograma es la representación gráfica de la composición mineralógica de una muestra, el estudio de aquellos se puede asimilar al estudio de la completa mineralogía del universo muestral.

Analizando los difractogramas con el programa GECLUS (CLUSTER.Q-MODE) ó CLUSTER PARA MUESTRAS obtendremos una diferenciación en grupos o conjuntos a los que llamaremos familias que, en principio, corresponderán a otras tantas poblaciones geológicas de composición mineralógica distinta.

Si efectuamos un análisis de variables mediante el programa GECVAR (CLUSTER R-MODE), obtendremos una agrupación entre las variables que hemos llamado "picos", correspondiendo cada una de aquéllas a un determinado mineral. Del estudio de las agrupaciones así obtenidas podremos deducir la composición mineralógica de las poblaciones, y una relación cualitativa de la presencia/ausencia de diferentes minerales.

El estudio de los difractogramas quedará completado con el análisis de la abundancia relativa de un determinado mineral dentro de cada una de las poblaciones anteriormente diferenciadas, la determinación de minerales comunes y el examen de aquéllos que aparezcan como más representativos. Esta última fase del estudio será la determinada por el programa LAURA.

Las muestras, en número de 132, las caracterizamos por 216 variables, tras haber eliminado previamente aquellas que por su redundancia no serían utilizadas en el análisis, o aquellas que por su escaso número (máximo de frecuencia de representación =3), suponemos que se deben a errores en el análisis de picos.

Disponemos en el CLUSTER no cuantitativo de los índices o coeficientes de Sokal-Michener y de Jaccard, tanto ponderados - como sin ponderar, y cuyos valores son:

$$\text{Índice de Sokal-Michener} = \frac{p + n}{p + n + m}$$

$$\text{Índice de Jaccard} = \frac{p}{p + m}$$

Siendo p las coincidencias presencia/presencia (2/2), n las coincidencias ausencia/ausencia (1/1) y m las no coincidencias (1/2, 2/1).

En el coeficiente de Sokal-Michener tiene análoga significación el hecho de que una determinada característica aparezca o no en dos muestras que se comparen. Por el contrario, en el índice Jaccard solamente se tienen en cuenta las coincidencias positivas, es decir, la presencia de una determinada característica.

La elección de uno u otro coeficiente dependerá del tipo - de análisis que se desee efectuar, y con frecuencia, como es - nuestro caso concreto, se efectuará el estudio con los dos, tratando de encontrar un máximo de definición.

Las muestras, con su codificación correspondiente, viene - expresada en una tabla en el APENDICE.

V.4.2. IDENTIFICACION DE POBLACIONES MUESTRALES

Estudio de muestras mediante el coeficiente de Sokal- -Michener, sin ponderar:

El valor medio esperado de asociación es bastante elevado, 0.737, lo cual no debe extrañar, puesto que precisamente el problema que queremos resolver es el de diferenciar posibles poblaciones muestrales dentro de un conjunto universal que corresponde a un litología (y por tanto a una mineralogía), muy semejante. El máximo valor de asociación entre pares de muestras es de 0.921 entre las muestras 1055 y 1056, y un mínimo de 0.8112 entre 1052 y T-92. Estos elevados valores señalan asimismo la gran semejanza existente entre todas las muestras analizadas.

El dendrograma obtenido es el representado en el gráfico V.4.1. que es de la forma que llamamos "en cascada", esto es, que no existe separación neta entre familias, sino que cada una de las agrupaciones posee los caracteres de las anteriores más otros que le son específicos.

A partir de este dendrograma, se han separado las siguientes familias:

- F 1) Formada por 9 muestras, de referencias 1052, 1073, T-30, T-15, 1055, 1056, 1054, 1080, T-61.
Coeficiente mínimo de asociación I = 0.90
- F 2) Formada por 6 muestras, agrupa a 1058, 0761, T-21, T-97, T-27, T-34.
Coeficiente mínimo de asociación I = 0.91.

0.811
0.850
0.849
0.858
0.837
0.906
0.924
0.943
0.962
0.981
1.000

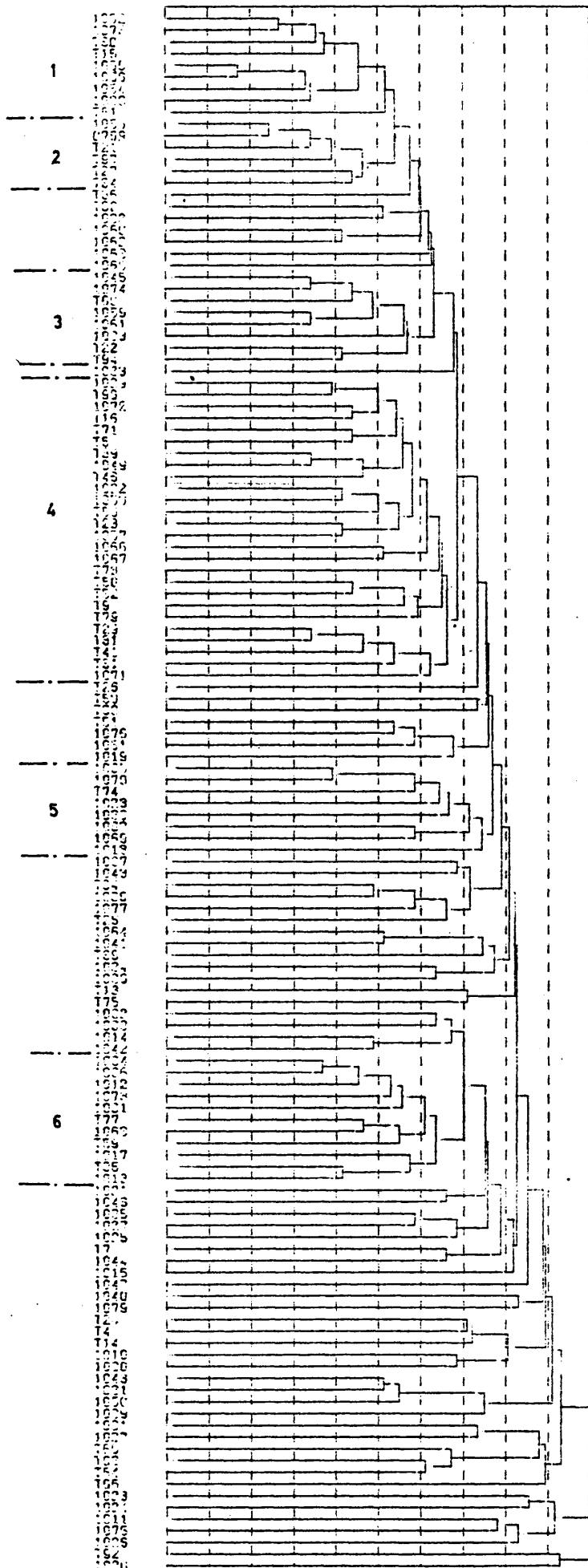


Fig. V.4.1.

DENDROGRAMA CLUSTER
J. TENA J. EL LOBU

DIFR. RX,
CORRELACION DE SOKAL
MUESTRAS SIN LEONARAR

F 3) 8 muestras, que son: 1045, 1074, T-60, 1059, 1061, 1033, - T-22, T-94.

Coeficiente mínimo de asociación $I = 0.89$.

F 4) 26 muestras: 1029, T-96, 1072, T-16, T-71, T-5, T-39, 1049, T-46, 1022, 1058, T-58, T-23, 1057, 1066, 1067, T-78, T-50, T-52, T-9, T-79, T-29, T-81, T-41, T-31, 1071.

Coeficiente mínimo de asociación $I = 0.87$

F 5) Con 8 muestras: 1005, 1070, T-74, 1028, 1086, 1068, 1069, 1018.

Coeficiente mínimo de asociación $I = 0.86$

F 6) Con 11 muestras: 1004, 1006, 1012, 1073, 1061, T-77, 1068, T-59, 1017, T-35, 1013.

Coeficiente mínimo de asociación $I = 0.88$.

No debe extrañar que existan coeficientes de asociación entre familias de mayor valor que los correspondientes a muestras dentro de una misma familia, pues ésto se debe a que lo que se está delimitando son posibles agrupaciones de muestras que, debido a la metodología del programa, se combinan entre sí dando características intermedias que favorecen su enlace con otras - muestras.

Hay que señalar que en el Universo muestral hemos reunido - dos poblaciones muestrales con diferente origen, ya que las muestras de referencia T-XX proceden de sondeos, mientras que las - de orden mil fueron recogidas en los pozos y galerías de las labores mineras. La relación en que se encuentran es de 30.35% - muestras de sondeos, y 61.65% muestras de mina.

Como las muestras de mina no fueron escogidas al azar (cosa que sí ocurre en los sondeos, donde el desmuestre fué sistemático, tomando muestras en cada cambio litológico apreciable) sino eligiendo las de mayor radiactividad, debe existir una agrupación más estrecha entre dichas muestras, y deberá mantenerse en las sucesivas agrupaciones.

Analizando las proporciones en las familias obtenidas, tenemos:

F 1	S = 3 ... 33.33%
	M = 6 ... 66.66%
F 2	S = 4 ... 66.66%
	M = 2 ... 33.33%
F 3	S = 3 ... 37,5%
	M = 5 ... 62.5%
F 4	S = 17... 65.38%
	M = 9 ... 34.61%
F 5	S = 1 ... 12.5%
	M = 7 ... 87.5%
F 6	S = 3 ... 27.27%
	M = 8 ... 72.72%

Son las familias 1 y 3 y menos exactamente también la 6, las que mantienen la misma proporcionalidad establecida en el universo muestral. Por el contrario, en las familias 2 y 4 la proporcionalidad aparece invertida por lo que haciendo uso de la lógica deben corresponder a familias no radiactivas, y por tanto, menos uraníferas. Deberemos pues prestar una mayor atención a las familias 5, 6, 1 y 3, por orden decreciente.

Estudio de muestras mediante el coeficiente de Jaccard

Como comprobación de la agrupación obtenida con el índice de Sokal sin ponderar se ha computado las muestras mediante el índice de Jaccard.

Debido a la forma en que éste índice está definido, la ausencia de picos en el difractograma no es tomada como parámetro útil en la semejanza entre dos muestras. Por esta razón, los coeficientes obtenidos son mucho más bajos que los anteriores, y así tenemos un coeficiente medio esperado de 0.0831.

En el dendrograma de agrupación de muestras se obtiene un máximo de parecido para las muestras 1055 y 1056 con valor de 0.794 y mínimo para T-96 y 1040 con 0.2413.

La observación de la representación gráfica del dendrograma nos permite separar hasta 11 familias: (Fig. V.4.2.)

F 1) Con 10 muestras, las T-96, 1029, T-9, T-29, T-81, T-31, - T-50, T-52, T-79, T-13.

Máxima semejanza para las T-29 y T-81, con 0.65 y mínimo para todo el grupo de $I = 0.38$.

F 2) Con 17 muestras, las T-39, T-46, 1049, T-59, T-16, 1072, - T-71, 1067, T-77, 1066, 1022, 1059, T-63, T-78, T-75, 1034, 1036.

Máxima semejanza para T-39 y T-46, con 0.63 y mínimo para el grupo de $I = 0.42$.

F 3) Con total de 15 muestras, se puede dividir en 2.

F 3a) Con 9 muestras, las 1004, 1006, 1012, 1073, 1005, - 1070, 1017, 1014, y 1042.

Con máximo para 1004 y 1006, de 0.666 y mínimo del grupo de $I = 0.45$.

F 3b) Con 6 muestras, las T-35, 1013, 1003, 1002, 1016 y 1071.

Con máximo para T-35 y 1013 de 0.604.

Los grupos a y b están enlazados por un valor mínimo de $I = 0.44$.

F 4) 4 muestras, las 1027, 1035, 1025 y 1068, con valor máximo para 1027 y 1035 de 0.52 y mínimo del grupo de $I = 0.43$.

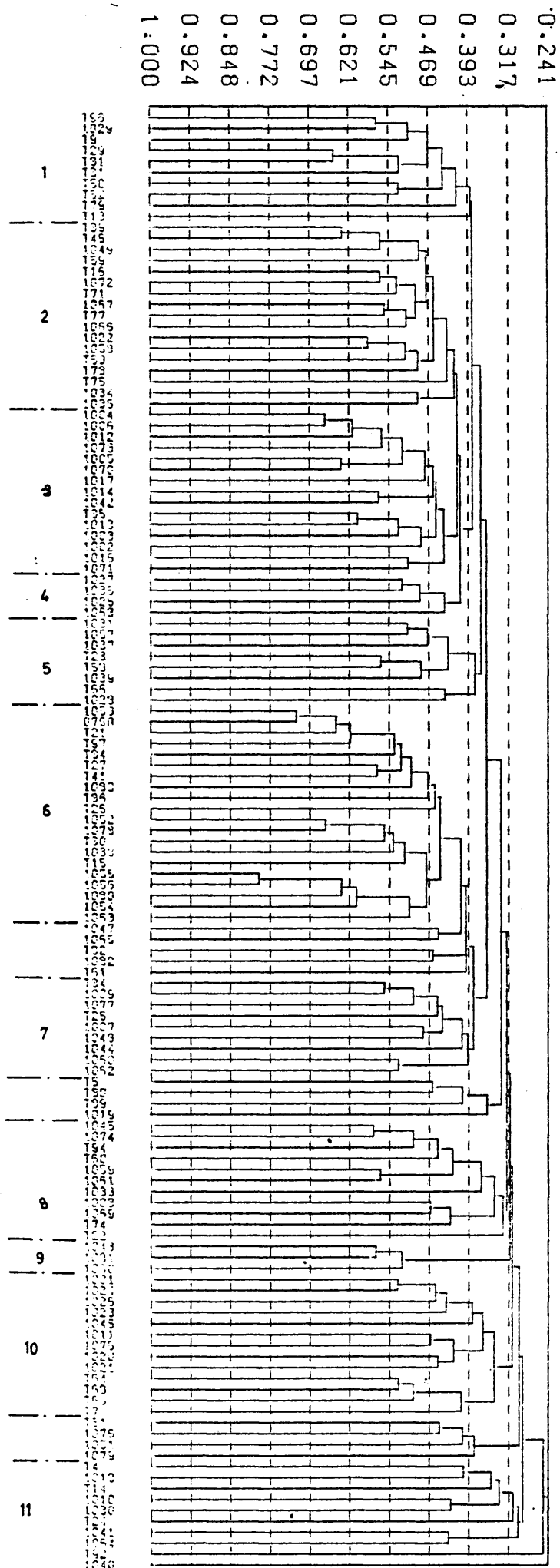


Fig. V.4.2.

DENDROGRAMA CLUSTER
J. TENA .. EL LOBO

DIFR. RX,
CORRELACION DE JACCARD
MUESTRAS SIN PONDERAR

F 5) 8 muestras, las 1031, 1057, 1037, T-23, T-58, 1039, T-66, 1028.

Valor máximo de asociación = 0.56 para T-23 y T-58 y mínimo del grupo de I = 0.38.

F 6) Con 20 muestras, se puede separar en:

F 6a) 10 muestras, las 1053, 076A, T-21, T-97, T-84, T-27, T-41, 1083, T-86 y T-26.

Con máximo para 1053 y 076A de 0.722 y mínimo del grupo de I = 0.45.

F 6b) Con 5 muestras, las 1055, 1056, 1060, 1054, 1053, máximo para 1055 y 1056 de 0.794 y mínimo del grupo de I = 0.50.

b) se une con c) por el valor 0.47 y ambas con a) por el valor I = 0.44.

F 7) Con 9 muestras, las T-34, 1009, 1077, T-25, 1007, 1048, - 1044, 1060 y 1062.

El máximo es para T-34 y 1009, con 0.555 y mínimo de la familia de I = 0.40.

F 8) Con 11 muestras, las 1045, 1074, T-94, T-60, 1059, 1061, - 1033, 1008, 1069, T-74 y T-22.

Máximo para 1045 y 1074, de 0.578 y mínimo para la familia de I = 0.33.

F 9) 3 muestras, las 1043, 1081 y 1050, con máximo para 1043 y 1081 de 0.57 y del conjunto de ambas con la 1050 de I = 0.52.

F 10) Con 13 muestras, se puede dividir en:

F 10a) Con 5 muestras, las 1001, 1024, 1026, 1023, 1046.

Con máximo para 1001 y 1024 de 0.529, y mínimo de la agrupación de I = 0.44.

F 10b) Con 4 muestras, las 1011, 1075, 1020 y 1021.
Con máximo para 1011 y 1075 de 0.46, y mínimo -
del grupo I = 0.42.

F 10c) 4 muestras, T-64, T-68, T-65 y T-7.
Con máximo para T-64 y T-68 de 0.52, y mínimo fa-
miliar de I = 0.42.

La 10 a) se une con 10 b) por valor $I = 0.36$ y la 10 c)
se une con las anteriores por $I = 0.35$.

F 11) Integrada por 8 muestras, las T-4, 1018, T-14, 1010, 1030,
T-24, 1041 y 1064.

Máximo para 1041 y 1064 de 0.43 y mínimo del grupo de -
 $I = 0.36$.

Estudio de muestras mediante el coeficiente de Sokal ponderado

Como medio comparativo para una mayor identificación de las
familias se ha efectuado el CLUSTER con el coeficiente de SOKAL,
ponderando los grupos.

El valor medio esperado de asociación obtenido es 0.7375, -
más bajo que el efectuado sin ponderar, pero naturalmente mucho
mayor que el obtenido con JACCARD. El máximo de asociación si-
gue correspondiendo a las muestras 1055 y 1056, con 0.9677, y
el mínimo para T-82 y 1031, con 0.7905, lo que nos señala la -
gran semejanza entre todas las muestras.

De la observación del dendrograma se pueden diferenciar has-
ta 9 familias algunas de las cuales pueden, a su vez, separarse
en otras varias. El dendrograma es el de la fig. V.4.3.

F 1) Compuesta por 16 muestras, las T-82, 1082, T-61, 1028, 1018,
1063, 1008, 1069, T-80, T-74 y 1083, 1002, 1003, 1014, 1042
y 1016, es bastante homogénea, con un coeficiente de asocia-
ción de 0.835. Sin embargo, podemos distinguir la,

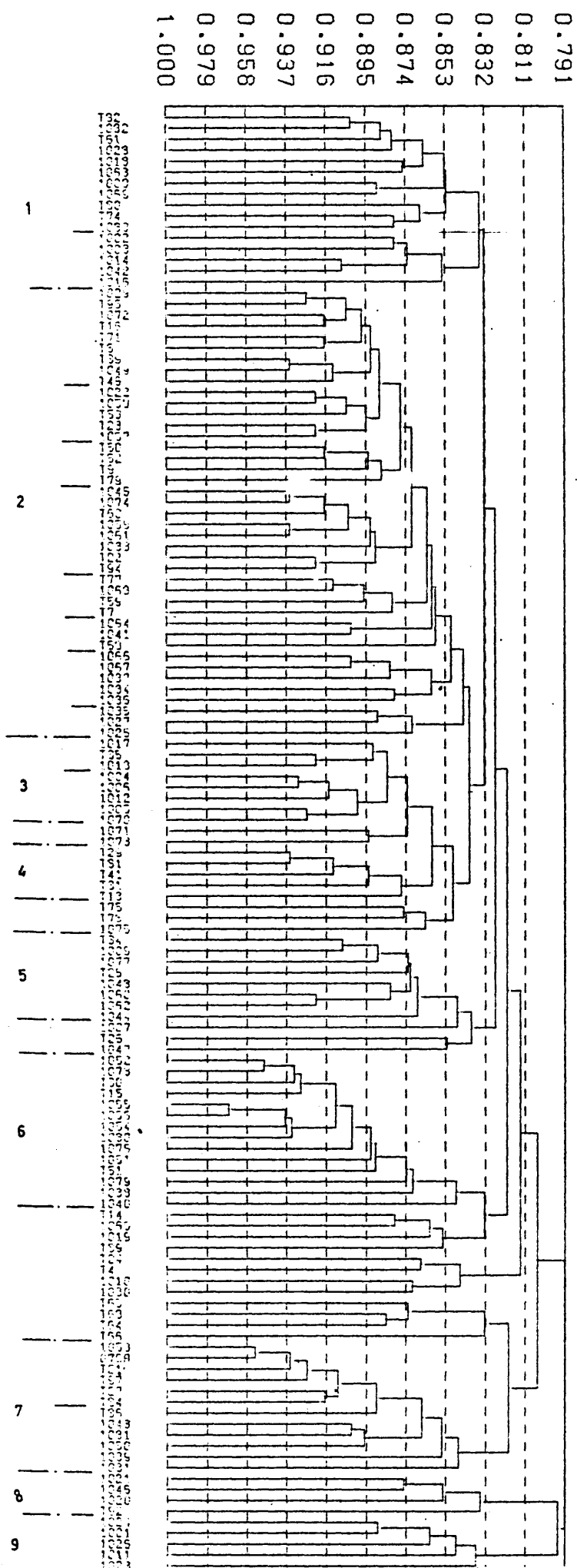


Fig. V.4.3.

DENDROGRAMA CLUSTER
J. TENA ... EL LOBO

DIFR. RX,
CORRELACION DE SOKAL
MUESTRAS PONDERADAS

F 1a) Compuesta por T-82 hasta 1083 con $I = 0.85$.

F 1b) Con 1002 hasta 1016, con $I = 0.85$,

F 2) Constituída por 41 muestras, presenta una asociación en cascada. Forman las muestras 1029, T-96, 1072, T-16, T-71, T-5, T-39, 1049, T-46, 1022, 1058, T-53, T-23, 1057, T-50, T-52, T-9, T-79, 1045, 1074, T-60, 1059, 1061, 1033, T-22, T-94, T-77, 1068, T-59, T-7, 1064, 1041, T-58, 1066, 1067, 1037, 1034, 1036, 1035, 1027 y 1026.

Pueden diferenciarse algunas subfamilias, con algunas muestras aisladas, nexo de unión entre familias; así distinguimos:

2 a) Con 9 muestras 1029 hasta T-46, con $I = 0.89$

2 b) 5 muestras 1022 hasta 1057 $I = 0.89$

2 c) 4 muestras T-50 hasta T-79 $I = 0.88$

2 d) 8 muestras 1045 hasta T-94 $I = 0.89$

2 e) 4 muestras T-77 hasta T-7 $I = 0.88$

2 f) 5 muestras 1066 hasta 1036 $I = 0.86$.

F 3) 5 muestras, 1004, 1006, 1012, 1005, 1070, $I = 0.90$

F 4) 5 muestras, T-29, T-81, T-41, T-31, T-13 $I = 0.87$

F 5) 8 muestras, T-34, 1009, 1077, T-25, 1048, 1060, 1062, 1044, $I = 0.87$.

F 6) 14 muestras, en cascada: 1052, 1078, T-30, T-15, 1055, 1056, 1054, 1080, 1076, 1051, T-51, 1079, 1038, 1040, $I = 0.85$.

F 7) 12 muestras: 1053, 076A, T-21, T-97, T-27, T-84, T-86, 1043, 1081, 1050, 1039, 1031, con correlación en cascada, $I = 0.85$.
Puede diferenciarse una nítida agrupación, la

F 7a) 1053 hasta T-84, con $I = 0.89$

F 8) 4 muestras: 1021, 1046, 1020, T-92, $I = 0.835$.

F 9) 5 muestras, 1024, 1001, 1026, 1011, 1023, $I = 0.837$.

Resultados definitivos de agrupaciones con Cluster

Efectuando una comparación entre los grupos o familias obtenidas con los coeficientes de Sokal y Michener (ponderando e imponderando) y Jaccard, llegamos a la conclusión de que mediante el estudio de los picos de los difractogramas se pueden obtener 9 familias perfectamente definidas, y una serie de muestras cuya ubicación no está bien delimitada y que sirven de unión entre las diferentes agrupaciones.

A continuación se presentan estas familias, indicando con la señal general X las muestras que quedan sin clasificar, colocadas en los espacios interfamiliares con las que parece tienen mayor afinidad:

F 1: 1052, 1054, 1055, 1056, 1078, 1080, T-15, T-30.

F 2: 1053, 1076A, T-21, T-27, T-84, T-97.

X : 1063, 1065, T-32, T-34, T-36, T-61, T-68.

F 3: 1009, 1044, 1048, 1060, 1062, 1077, T-25, T-34.

X : 1007, 1028, 1032, 1046, 1058, 1082, 1083, T-26, T-41, T-82.

F 4: 1029, 1072, T-29, T-81, T-96.

X : 1028, 1057.

F 5: 1022, 1049, T-9, T-16, T-39, T-46, T-50, T-52, T-71, T-79.

X : 1018, 1019, 1044, 1047, 1049, 1061, 1069, T-31, T-58, T-78.

F 6: 1002, 1003, 1004, 1005, 1006, 1012, 1013, 1014, 1016, 1017,
1042, 1066, 1067, 1070, T-35.

X : 1018, 1045, 1051, 1071, 1073, 1074, 1086, T-5, T-13, T-22, T-27, T-51, T-53, T-74, T-75, T-79, T-80, T-84, T-86, - T-89, T-97.

F 7: 1033, 1034, 1036, 1045, 1059.

X : 1008, 1010, 1025, 1027, 1031, 1035, 1037, 1039, 1040, 1041, 1064, 1068, 1079, T-7, T-14, T-59, T-66, T-77, T-89.

F 8: 1021, 1043, 1050, 1081, T-4, T-24.

X : 1015, 1030, 1031, 1040, 1046, 1053, 1075, 1079, T-4, T-14, T-24, T-64, T-65, T-92.

F 9: 1001, 1011, 1020, 1023, 1024, 1026

Una vez definidas unas agrupaciones muestrales, hemos considerado interesante el estudio del conjunto de muestras que han quedado integradas en alguno de los grupos, con el fin de obtener consecuencias respecto al comportamiento de los parámetros utilizados.

Analisis Cluster para las familias ya separadas obtenidas a partir de los difractogramas de rayos X.

Al efectuar un CLUSTER sólomente para los grupos que han quedado definidos anteriormente, de tal modo que se excluyen las muestras que presentan caracteres especiales o bien están diferenciadas en cuanto que son intermedias entre dos grupos, obtenemos un dendrograma en el que podemos observar los siguientes aspectos:

Como primer dato significativo nos encontramos con el hecho de que 54 caracteres no son utilizados para el cálculo de coeficientes de asociación por ser redundantes, ya que, 3 de ellos - están presentes en todas las muestras, y los 51 restantes no aparecen en ninguna de ellas. Por tanto, debemos pensar que estos 51 últimos parámetros son propios de las muestras no agrupadas - que hemos eliminado en este estudio por considerarlas anómalas.

El valor medio esperado de asociación es 0.6891, con un máximo de 0.957 para 1055 y 1056, y un mínimo representable en la agrupación del dendrograma de 0.769.

En principio, se obtienen unas agrupaciones análogas a las que se han supuesto por los CLUSTER anteriores, aún cuando se aprecian algunas correcciones importantes.

Como efecto más significativo aparece la independencia que sobre el resto de muestras presenta la agrupación constituida - por 1014, 1042, 1002, 1003 y 1016.

F N 1) Con un coeficiente de asociación máximo para 1055 y 1056 de 0.957, se puede subdividir en dos subfamilias, unidas por un coeficiente de $I = 0.88$, las,

a) 1052, 1078, T-30 y T-15.

b) 1055, 1056, 1054 y 1080.

F N 2) Regularmente agrupada, con coeficiente general de asociación de $I = 0.88$, está constituida por 1053, 076A, T-21, T-97, T-27, T-84.

X 1) Como nexo de unión entre las dos familias anteriores y - las demás aparece una agrupación constituida por las muestras que llamamos,

X 3) 1060 y 1062, antes agrupadas en la familia 3.

X 7) Con 1045, 1059 y 1033, antes agrupadas en F.7.

F N 3) Nítidamente separadas, aparece una combinación de muestras anteriormente separadas en F.3. y F.4, con dos agrupaciones:

3 a) 1029, T-96, T-29, T-81, T-79 y T-9, con asociación mínima $I = 0.85$, enlazada por un valor $I = 0.84$.

3 b) T-50, T-52 y 1022.

F N 4) Resulta de una agrupación de muestras de las antiguas - F.5 y F.6, con la inclusión de la 1072 de F.4, con asociación mínima $I = 0.855$, y está compuesta por 1072, T-16, T-71, 1049, T-39, T-46, 1067 y 1066.

F N 5) Corresponde en su totalidad a muestras de la antigua F.6, con asociación mínima de $I = 0.847$. Formada por 1017, - 1013, T-35, 1004, 1006, 1012, 1005 y 1070.

X 2 Como unión entre los grupos anteriores y los siguientes, aparecen las muestras 1034 y 1036, anteriormente englobadas en F.7.

F N 6) Formada en su totalidad por muestras de la antigua F.3, su asociación mínima es $I = 0.826$ y está formada por 1009, T-34, 1077, T-25, 1044 y 1048.

F N 7) Finalmente, y separada radicalmente de la demás, se encuentra la agrupación de 1014, 1042, 1002, 1003 y 1016, todas ellas pertenecientes a la antigua F.6.

Como resultado final, resumen de todas las agrupaciones anteriores, podemos deducir y aceptar como válidas las siguientes:

A 1) 1052, 1078, T-30, T-15, 1055, 1056, 1054, 1080.

A 2) 1053, 076A, T-21, T-97, T-27, T-84.

A 3) a) 1017, 1013, T-35, 1004, 1006, 1012, 1005, 1070.

b) 1014, 1042, 1002, 1003, 1016.

Además de estos dos subgrupos hay muestras que no aparecen en la última agrupación, y así aparecían en las anteriores asociadas con estas muestras, todas ellas pertenecientes al grupo F.6.

- A 4) Aún cuando las muestras 1060 y 1062 pertenecientes a la antigua F.3 se escapan en la nueva reorganización, podemos - considerar como perfectamente definida la familia constituida por 1009, T-34, 1077, T-25 y 1048.
- A 5) Constituyendo nexos ó rocas intermedias entre los demás grupos, tenemos las antiguas agrupaciones F.4, F.5, F.7, y parte de F.6., que podemos separar en los grupos:
- a) 1029, T-96, T-29, T-81, T-79, T-9, T-50, T-52, 1022.
 - b) 1072, T-16, T-71, 1049, T-39, T-46, 1067, 1066.
 - c) 1060, 1062, 1045, 1059 y 1033.
 - d) 1034, 1036.

V.4.3. ASOCIACIONES MUESTRALES POR IDENTIFICACION MINERALOGICA DE PICOS DE DIFRACTOGRAMAS

Para conseguir, siquiera de forma aproximada, una posible identificación de minerales presentes/ausentes en las agrupaciones muestrales obtenidas en el estudio expuesto anteriormente, se efectuó un análisis del Universo muestral constituido por los picos deducidos de los difractogramas.

Para ello se utilizaron los programas GENATI, para tratar de determinar los coeficientes de contingencia, y GELAUURA para establecer el análisis de frecuencias, pero ante el elevado número de variables tuvimos que desistir de este estudio que solamente conducía a una mayor diversificación en la salida de los programas, con una extremada dificultad de análisis.

Asimismo, se intentó efectuar un estudio de la asociación entre parámetros mediante la utilización del programa GECVAR, - uno de cuyos dendrogramas cluster, correspondiente a la correlación mediante el índice de Sokal de muestras sin ponderar es el representado en la figura V.4.4. En él se aprecia una distribución del tipo "en cascada" que comprende a la mayoría de los picos determinados, y en la cual es prácticamente imposible establecer diferenciaciones. Sólomente al final del diagrama puede definirse un grupo más específico.

De este análisis mediante GECVAR podemos deducir únicamente la gran asociación que muestran todas las líneas del difractograma, y por tanto la gran similitud en cuanto a mineralogía de las posibles agrupaciones presentes, y la existencia, para unas pocas muestras, de unos minerales específicos que serían los correspondientes a los picos asociados en el grupo final.

Ante estas dificultades de análisis, y comoquiera que entendemos que es conveniente contrastar el procedimiento estadístico utilizado en el análisis de los difractogramas con los que pudiéramos llamar clásicos, se determinó en cada uno de ellos la presencia de rayas ó picos característicos de determinados minerales y se efectuó con éstos una asociación entre muestras mediante GECLUS.

La elección de los minerales se efectuó de acuerdo con las observaciones efectuadas al microscopio polarizante de láminas delgadas, y según este criterio se escogieron como minerales significativos los siguientes: Cuarzo, ortosa, plagioclasa, andalucita, clorita y moscovita-sericita.

Estudiada la asociación entre variables mediante GECVAR se obtuvo el dendrograma representado en la Fig. V.4.5. en el que se aprecia la existencia de dos grupos, uno constituido por ortosa + plagioclasa y otro formado por todos los demás que adopta un tipo de asociación continuo o "en cascada".

Codificada la presencia/ausencia de estos minerales y la intensidad de los picos correspondientes, se efectuó el tratamiento con GECLUS, obteniéndose el dendrograma correspondiente a la Fig. V.4.6., en el que pueden apreciarse las siguientes agrupaciones muestrales:

FR. RX.

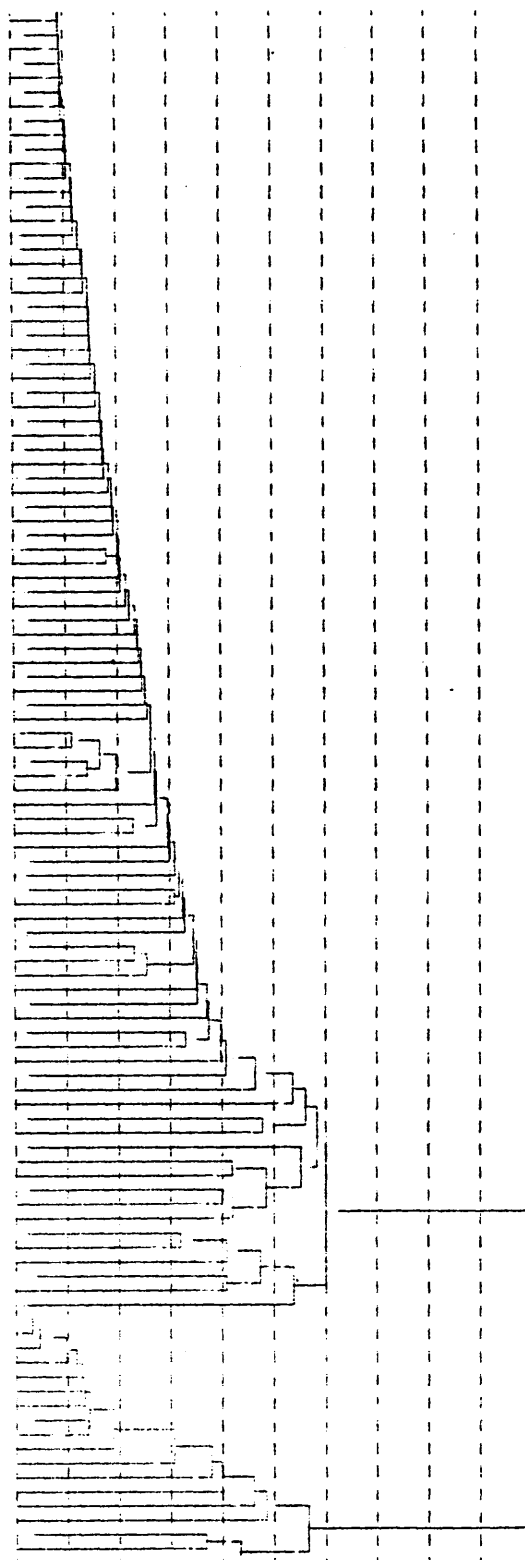
Fig. V.4.4.

REPRODUCTION DU SOKAL
TERS SIN FONDERPS

ULNDPROGRAMP CLUSTER

J. 15NG . E. LOBU

1.000
0.621
0.649
0.773
0.622
0.547
0.471
0.396
0.320
0.245



1.000
0.621
0.649
0.773
0.622
0.547
0.471
0.396
0.320
0.245

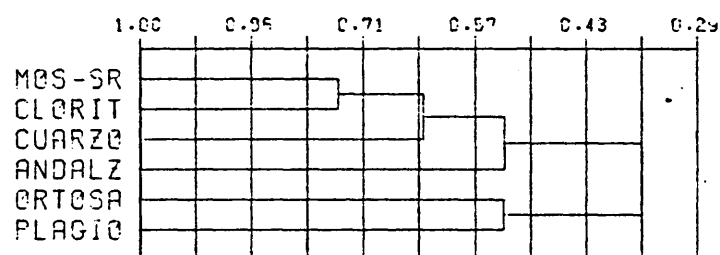
REPRODUCTION DU SOKAL
TERS SIN FONDERPS

DENDROGRAMA NUMERO V.4.5.
 ROCAS DEL LOBO-PEDREGAL
 CORRELACION DE IMBRIE

AGRUP. IMPOND. DE VARIABLES

DIFRACCION RAYOS-X

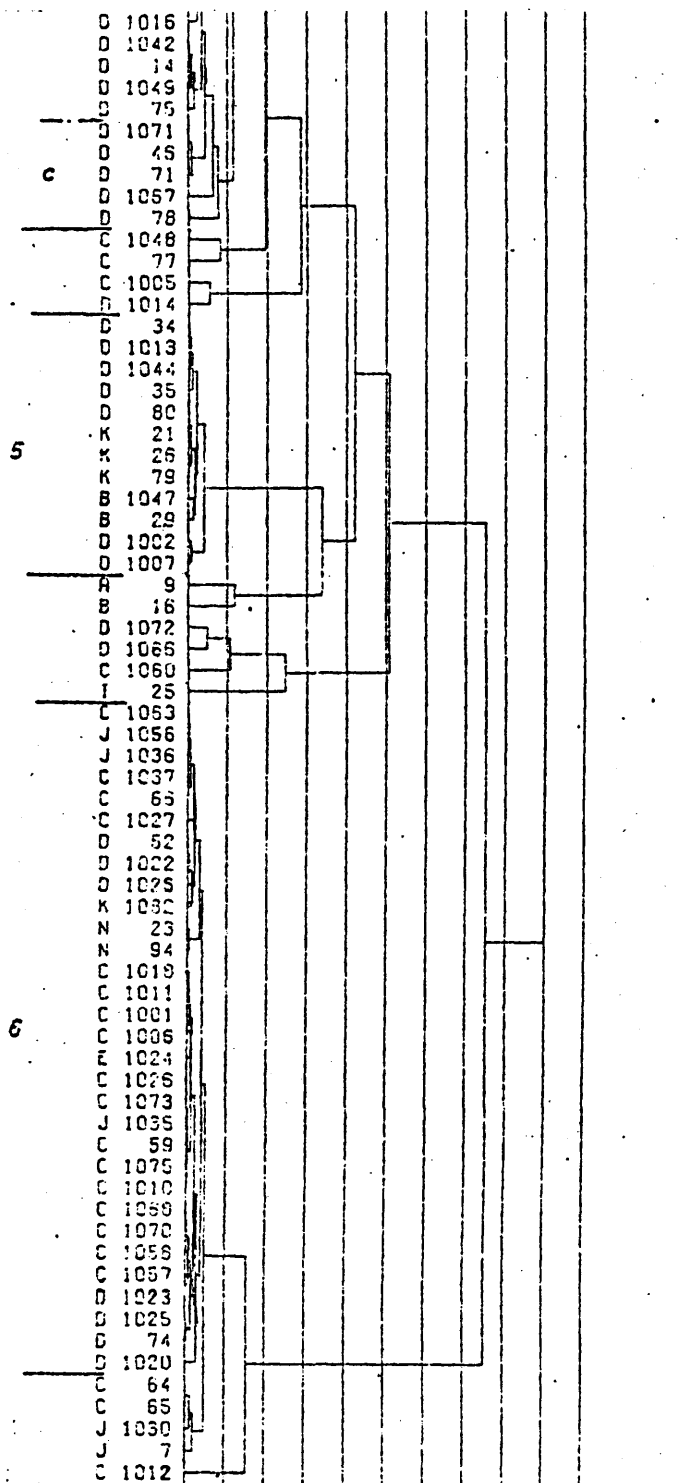
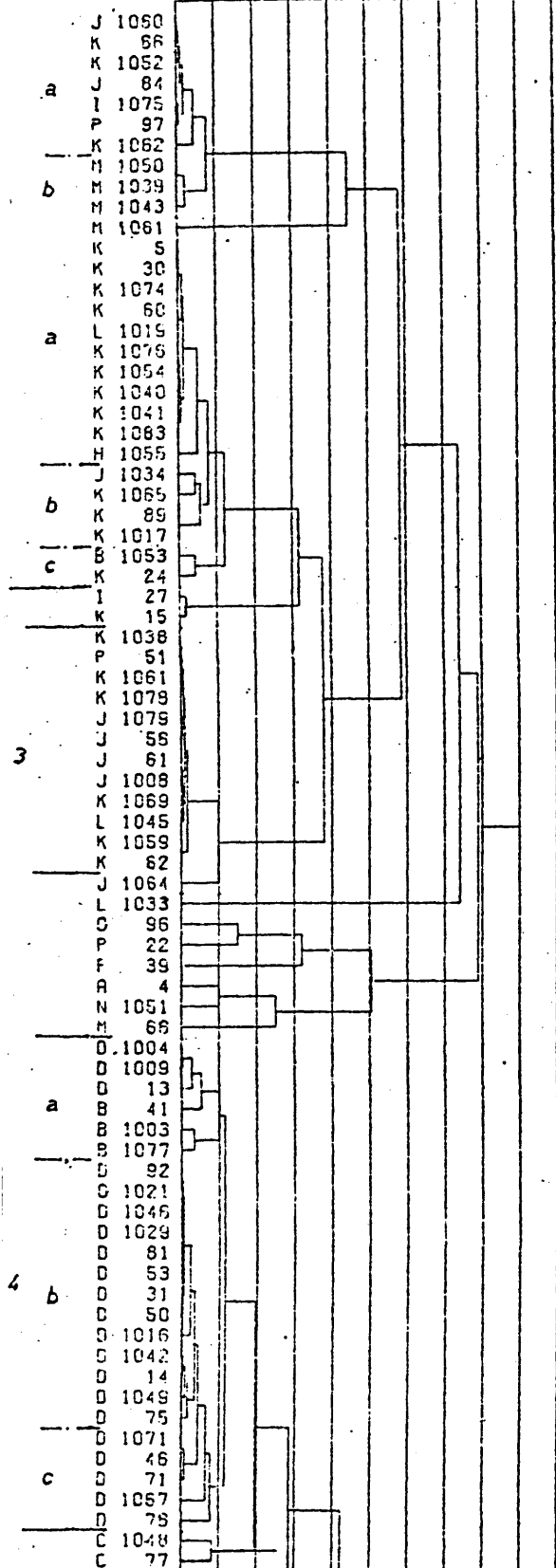
COEFICIENTES DE SIMILARIDAD



DENDROGRAMA NUMERO V.4.6.
 ROCAS DEL LOBO-PEDREGAL
 CORRELACION DE PEARSON
 TRANS LOG 2'
 AGROP. IMPOND. DE: MUESTRAS
 DIFRACCION RAYOS-X

COEFICIENTES DE SIMILARIDAD

1.00 0.95 0.90 0.85 0.80 0.75



F 1: Coeficiente de asociación = 0.96

Pueden separarse dos subgrupos, diferenciados por la mayor o menor abundancia de determinados minerales:

- a) Con coeficiente de asociación = 0.97, las muestras contienen ortosa, plagioclasea y moscovita muy abundantes, y también están presentes cuarzo y clorita, careciendo de andalucita.
- b) Coeficiente de asociación = 0.99, la ortosa y plagioclasea son menos abundantes que en el grupo anterior, al igual que ocurre con la moscovita. Tienen también cuarzo y clorita y carecen de andalucita.

F 2: Coeficiente general de asociación = 0.94

Las muestras contienen todas cuarzo, sericita y clorita, y según la presencia/ausencia de ortosa, plagioclasea y andalucita, podemos distinguir:

- a) Con ortosa, plagioclasea y andalucita.
- b) Con ortosa, sin plagioclasea, con andalucita.
- c) Sin ortosa, sin plagioclasea, sin andalucita

F 3: Coeficiente de asociación = 0.99

Con cuarzo, ortosa, sericita y clorita, pero sin andalucita y sin plagioclasea.

F 4: Coeficiente general de asociación = 0.94.

Todos los especímenes contienen cuarzo, sericita, clorita y andalucita, pero según estén o no presentes ortosa y plagioclasea, podemos distinguir:

- a) Con ortosa y plagioclasea.
- b) Sin ortosa y sin plagioclasea.
- c) Con ortosa y sin plagioclasea.

F 5: Coeficiente de asociación = 0.98

Agrupación muy bien definida, se caracteriza por la ausencia de ortosa, conteniendo cuarzo, plagioclasa, sericita, clorita y andalucita.

F 6: Coeficiente de asociación = 0.98

Es la agrupación con mayor número de muestras, y está perfectamente definida. Se caracteriza por la ausencia de plagioclasa, existiendo cuarzo, ortosa, sericita, clorita y andalucita.

De forma esquemática podríamos representar las agrupaciones obtenidas, según un cuadro tal como el siguiente:

		Cuar	Ort	Plag	And	Mos - Seri	Clor
F1	a	+	+	+	-	+	+
	b	+	+	+	-	+	+
F2	a	+	+	+	+	+	+
	b	+	+	-	+	+	+
	c	+	-	-	-	+	+
F3		+	+	-	-	+	+
F4	a	+	+	+	+	+	+
	b	+	-	-	+	+	+
	c	+	+	-	+	+	+
F5		+	-	+	+	+	+
F6		+	+	-	+	+	+

V.4.4.

CONCLUSIONES

A lo largo de este capítulo se ha efectuado un estudio del Universo Muestral, caracterizado por los difractogramas de rayos X de las muestras, el cual se ha discretizado mediante un artificio que ha permitido codificar los picos representativos de los minerales presentes.

Mediante el estudio estadístico de las muestras así codificadas hemos llegado a las siguientes conclusiones:

1) Se han conseguido diferenciar nueve agrupaciones muestrales, a las que en un posterior análisis se ha dejado reducidas a cinco.

2) Tras la identificación de algunos minerales por estudio de sus picos característicos hemos alcanzado la separación de cuatro grandes agrupaciones muestrales, en las cuales se pueden considerar subdivisiones que permiten alcanzar hasta nueve agrupaciones diferentes.

3) De la comparación entre los puntos 1) y 2) deducimos, - que ambos métodos coinciden en el logro del objetivo buscado, - la diferenciación de las agrupaciones muestrales constituyentes del universo muestral, alcanzándose un número igual de conjuntos.

Podemos por tanto atrevernos a decir que el método propugnado por nosotros para la discretización, codificación y tratamiento de los difractogramas de rayos X es válido como medio comparativo y de identificación de muestras.

V.5. ESTUDIO ESTADISTICO DE LOS DATOS QUIMICOS CUANTITATIVOS Y DE LAS COORDENADAS DE COLOR.

V.5.1. INTRODUCCION.

Si aceptamos la idea de que la composición mineralógica de una roca está condicionada por el logro del equilibrio y que por tanto, entre otros, se debe alcanzar el equilibrio químico, podemos suponer que las diferencias ó analogías entre los materiales situados en una cuenca dentro de unas coordenadas posicionales con límites no demasiado grandes pueden quedar reflejadas en la variabilidad de sus componentes químicos. Si además tenemos en cuenta que el color puede ser considerado como resultado de la interacción de la composición química (presencia/ausencia de hierro en determinados minerales, porcentaje de materia orgánica, etc), de factores físicoquímicos (Eh, pH, rH) ó puramente físicos (lixiviación, p.e.), como deducción general del estudio de ambos tipos de parámetros podemos establecer la posible existencia de algún tipo de relación que debe definir de una manera inequívoca cada uno de los posibles tipos de litologías presentes en un Universo muestral, siempre que los parámetros sean los adecuados o esten tomados en número suficiente.

De acuerdo con estas ideas, se han aplicado procedimientos estadísticos de análisis, y se han obtenido los resultados que a continuación se exponen. Los datos estadísticos del Universo muestral y los correspondientes a las agrupaciones muestrales individualizadas están representados en las tablas.

V.5.2. IDENTIFICACION DE POBLACIONES MUESTRALES

Mediante el programa GECLUP se ha efectuado el análisis y separación de las posibles agrupaciones muestrales deducibles del Universo muestral, cuyo desarrollo y conclusiones son aquí expuestas:

Estudio de datos naturales con el coeficiente de Imbrie, -
imponderados:

El dendrograma obtenido es el número V.5.1 y en el estudio -
se aprecia que los coeficientes de correlación son muy elevados,
con máximos de 1 y mínimo de 0,93. Se pueden diferenciar las si-
guientes familias:

- F 1: 496784, 496792, 18375, 496791, 18358, 18363, 688539, 496793
- F 2: 266171, 496794, 547115, 688524, 266180, 547104, 688533, -
197161, 688523, 688521, 688526.
- F 3: 266174, 266179, 266177.
- F 4: 18364, 097142, 18365, 688546, 496786, 18354, 046554, 266565,
097134, 097138, 18366, 046550, 097141, 18373, 496787, 097136,
18361, 547113, 266569, 266178, 496788, 097140, 266181, -
18355, 496789, 046552, 266175, 197159, 18376, 18377.
- F 5: 658529, 097147, 18357, 547109, 658530, 18371, 658525, 18369,
547105, 688527, 547116, 496797, 496796, 266564, 266566, -
18374, 097145, 18359, 097144.
- F 6: 547114, 658531, 197158, 197156, 097135, 547107, 658532, -
18353, 046553, 046551.

Con la aplicación de GECLUP para datos transformados median-
te las funciones $y = \log(x)$, tanto en base 2 como en base e, se
obtienen unos dendrogramas del tipo "en cascada" con valores para
los coeficientes de asociación muy elevados.

De acuerdo con el dendrograma nº V.5.2 correspondiente a $y =$
 $= \log_2(x)$ podemos diferenciar las siguientes agrupaciones muestra-
les:

- F 1: 688546, 097142, 097144, 097145, 547104.
- F 2: 688523, 688524, 266180, 688539, 18376, 18354, 658532, 496797, 18374, 496796, 18377, 547115, 18366.
- F 3: 658525, 18369, 197158, 688526, 097135, 18375, 046553, 197156, 547105.
- F 4: 688527, 266171, 266564, 18364.
- F 5: 266175, 18361, 266181, 266174, 496787, 496786, 097138, 18357 496790, 097134, 197159, 547107, 547113, 097136, 266177, - 266566.
- F 6: 18373, 046550, 496792, 18355, 18365, 266565, 496789, 496791, 18353, 496784, 18358.
- F 7: 658529, 547109, 658521, 197161, 658530, 18371, 658531, - 496794.
- F 8: 046554, 097141, 18359, 266178, 496788, 547114, 097147, 097140.

Con la transformación $Y = \frac{x - \min}{\max - \min}$ y correlación de Im-
brie imponderada se obtiene el dendrograma nº V.5.4. y podemos sepa-
rar las siguientes familias:

- F 1: 046553, 097135, 18375, 18369, 547105, 197156, 197158, 166569, 046552, 18353, 046551, 496793, 18363.
- F 2: 547115, 266180.
- F 3: 688527, 658525, 266171, 688533, 688526, 658529, 547109, - 688521, 547116, 18357, 658530, 18371, 197161.
- F 4: 097144, 097145, 097147, 266564, 097141, 18359, 496797, - 496796, 547104, 688524, 688523.
- F 5: 266175, 197159, 097134, 097136, 547107m 547113, 18365, - 046550, 547114, 496789, 18361, 18373, 496786, 496787, 046554, 266174, 496788, 266565, 097140, 266178, 266566, 266181, - 496790, 496784, 496792, 496791, 18358, 18355, 688539, 688546, 097142, 18364, 658531, 658532, 18376, 18354, 18374, 266179, 18366, 18377.

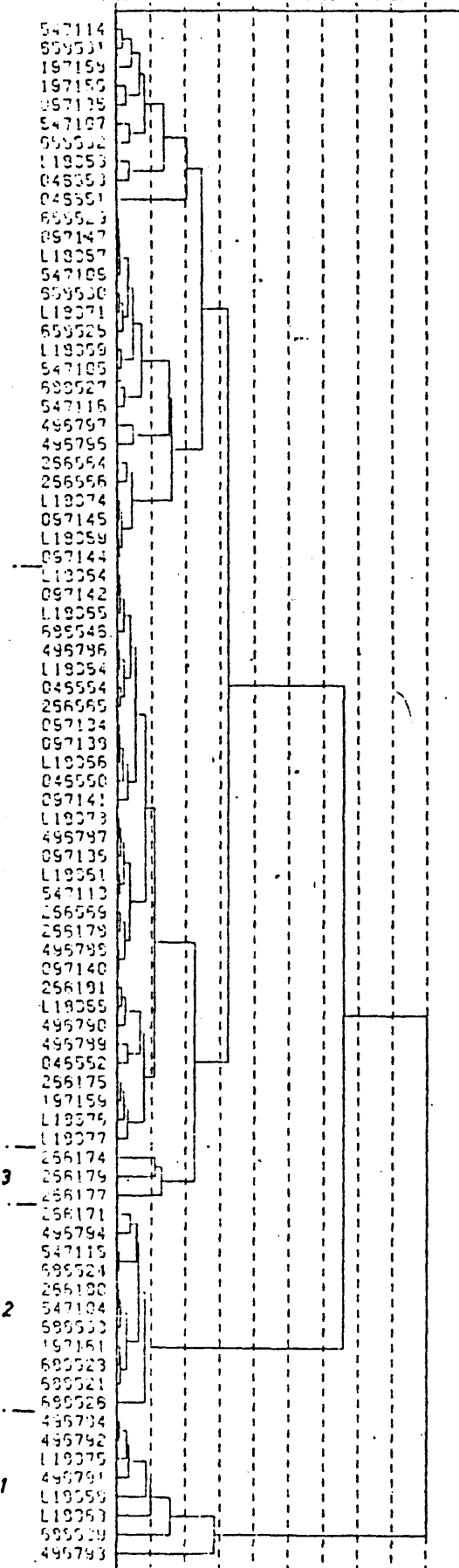
EL LOBO .. DENSIDAD, CUA
CORRELACION DE IMBRIE

AGRUP. IMBND. DE: MUESTRAS

JUAN TENA .. SEPARACIO

COEFICIENTES DE SIMILARIDAD

1.00 0.99 0.97 0.95 0.94 0.92



EL LOBO .. DENSIDAD, CUA

CORRELACION DE IMBRIE

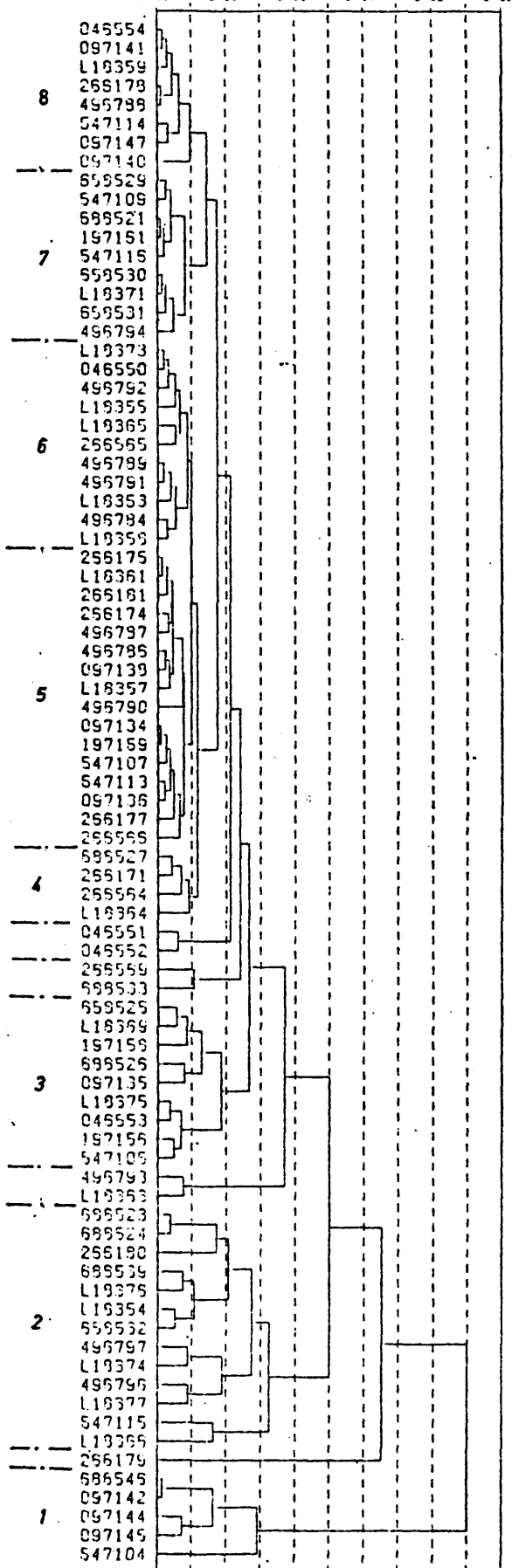
TRANS LOG 2

AGRUP. IMBND. DE: MUESTRAS

JUAN TENA .. SEPARACIO

COEFICIENTES DE SIMILARIDAD

1.00 0.99 0.95 0.94 0.92 0.90



EL LOBO .. DENSIDAD, CUA

CORRELACION DE IMBRIE

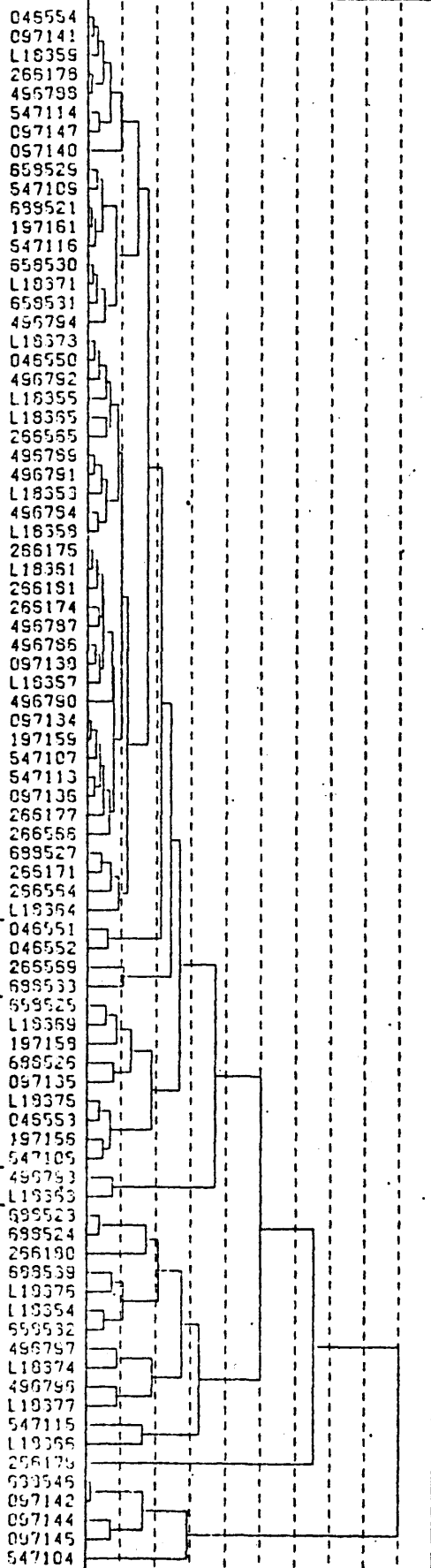
TRANS LOG E

AGRUP. IMPOND. DE: MUESTRAS

JUAN TENA .. SEPARACIO

COEFICIENTES DE SIMILARIDAD

1.00 0.55 0.56 0.54 0.52 0.50



EL LOBO .. DENSIDAD, CUA

CORRELACION DE IMBRIE

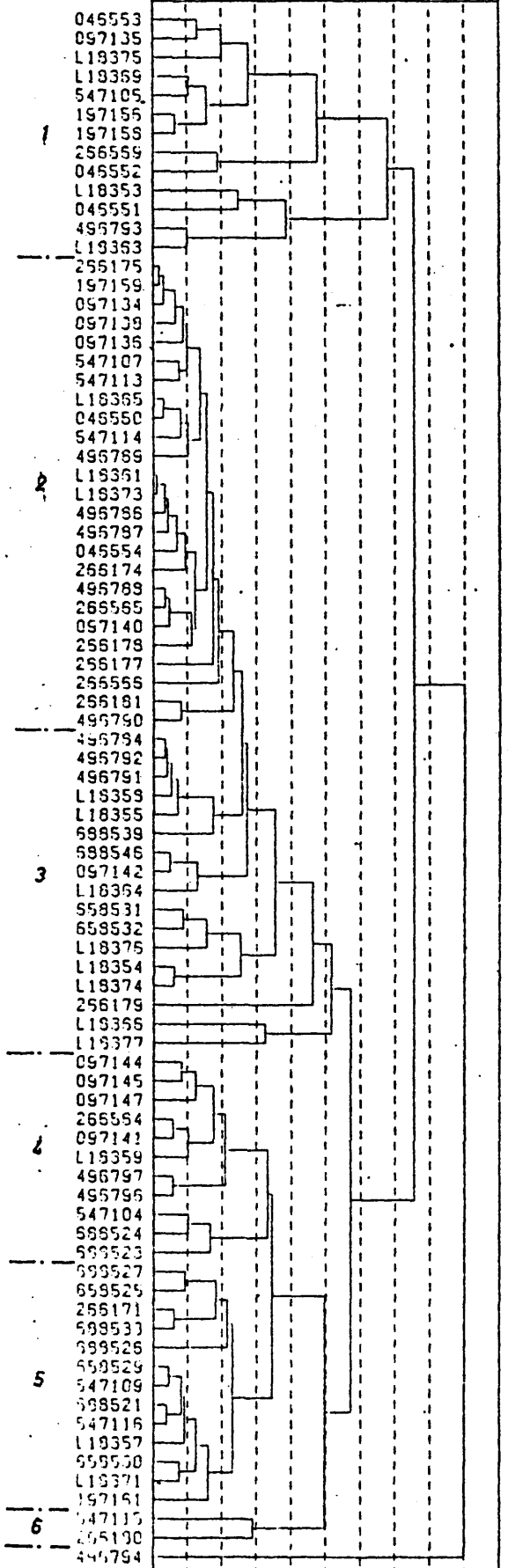
TRANS X-M/OF

AGRUP. IMPOND. DE: MUESTRAS

JUAN TENA .. SEPARACIO

COEFICIENTES DE SIMILARIDAD

1.00 0.54 0.53 0.52 0.75 0.70



EL LOBO .. DENSIDAD, CUA

CORRELACION DE IMBRIE

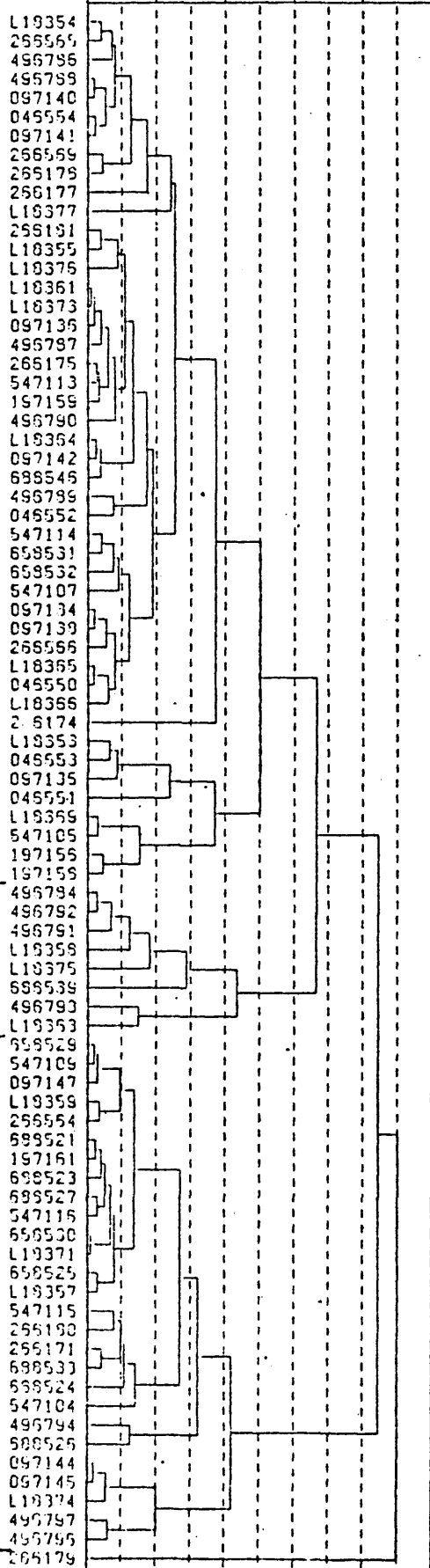
TRANS RZ X-K

AGRUP. IMPOND. DE: MUESTRAS

JUAN TENA .. SEPARACIO

COEFICIENTES DE SIMILARIDAD

1.00 1.00 0.95 0.90 0.85 0.80



EL LOBO .. DENSIDAD, CUA

CORRELACION DE IMBRIE

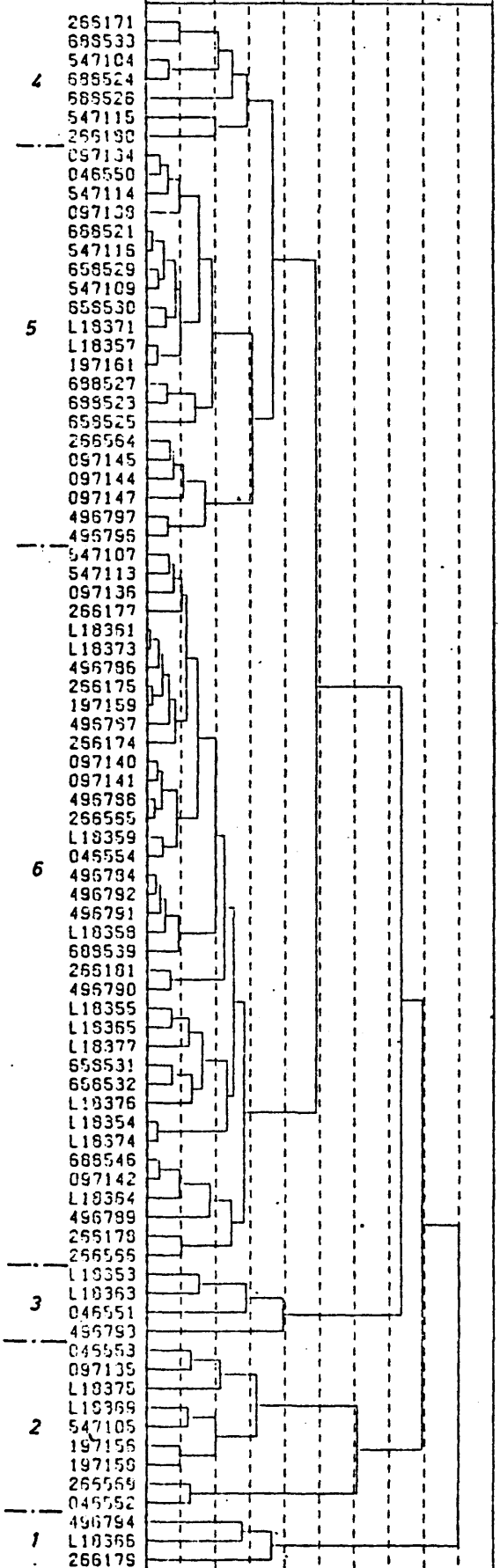
TRANS ARSN X

AGRUP. IMPOND. DE: MUESTRAS

JUAN TENA .. SEPARACIO

COEFICIENTES DE SIMILARIDAD

1.00 0.95 0.90 0.85 0.80 0.75



La muestra 496764 queda aislada, sin agruparse con ninguna otra.

Si utilizamos la transformación $Y = \sqrt{X-C}$, los datos se agrupan de acuerdo con el dendrograma nº V.5.5. en el que se pueden separar las siguientes familias (aunque para todas ellas el coeficiente es mayor de 0,98):

- F 1: 658529, 547109, 097147, 18359, 266564, 688521, 197161, -
 686523, 688527, 547116, 658530, 18371, 658525, 18357, -
 547115, 266180, 266171, 688533, 688524, 547104, 496794, -
 688526, 097144, 097145, 18374, 496797, 496796.
- F 2: 18354, 266565, 496786, 496788, 097140, 046554, 097141, -
 266569, 266178, 266177, 18377.
- F 3: 266181, 18355, 18376, 18361, 18373, 097136, 496787, 266175,
 547113, 197159, 496790, 18364, 097142, 688546, 496789, -
 046552, 547114, 658531, 658532, 547107, 097134, 097138, -
 266566, 18365, 046550, 18366.
- F 4: 18353, 046553, 097135, 046551, 18369, 547105, 197156, 197158,
- F 5: 496784, 496792, 496791, 18358, 18375, 688539, 496793, 18363.

Quedan independientes 266174 entre 3 y 4 y 266179 al final.

Mediante la transformación $y = \arcsin(x)$ se obtiene el dendrograma V.5.6. y a partir de él diferenciamos las siguientes agrupaciones muestrales:

- F 1: 496794, 18366, 266179.
- F 2: 046553, 097135, 18375, 18369, 547105, 197156, 197158, -
 266180, 046552.
- F 3: 18353, 18363, 046551, 496793.

F 4: 266171, 688533, 547104, 688524, 688526, 547115, 266180.

F 5: 097134, 046550, 547114, 097138, 688521, 547116, 658529, -
547109, 658530, 18371, 18357, 197161, 688527, 688523, -
688527, 688525, 266564, 097145, 097144, 097147, 496797, -
496796.

F 6: 547107, 54713, 097136, 266137, 18361, 18373, 496786, 266175,
197159, 496787, 266174, 097140, 097141, 496788, 266565, -
18359, 046554, 496784, 496792, 296791, 18358, 688539, -
266181, 496790, 18355, 18365, 18377, 658531, 658532, 18376,
18354, 18374, 688546, 097142, 18364, 496789, 266789, 266178,
266566.

Con los datos transformados por aplicación de las funciones matemáticas más normales hemos llegado a establecer hasta 5 diferentes agrupaciones muestrales para un mismo Universo muestral, en las que, aún cuando la mayoría de las muestras representativas de cada subdivisión conservan sus relaciones con las demás, hay algunas que varían enormemente su localización, proporcionando una aleatoriedad en cuanto a la elección definitiva de una de las agrupaciones.

Para establecer cuál de estas clasificaciones es la óptima, acudiremos a un análisis de σ y coeficiente de variación σ/μ , que obtenemos mediante el programa GESTAD, para cada una de las familias en cada una de las transformaciones, decidiendo que la agrupación óptima será aquella que presente un menor coeficiente de variación para el conjunto de parámetros en el conjunto de familias.

Los resultados de este estudio son los presentados en las tablas comprendidas entre V.5.1. y V.5.6.

Tabla V.5.3.

FAMILIAS DE DATOS TRANSFORMADOS POR $y = \log_2(x)$, COEFICIENTE DE VARIACION /

	F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	Media
Al_2O_3	0.145	0.227	0.126	0.064	0.130	0.196	0.261	0.145	0.162
CaO	0.185	0.26	0.173	0.183	0.371	0.236	0.542	0.477	0.307
Fe_2O_3	0.362	0.276	0.249	0.194	0.146	0.279	0.479	0.530	0.314
MgO	0.165	0.221	0.346	0.195	0.153	0.331	0.575	0.551	0.317
MnO	0.341	0.285	0.211	0.299	0.222	0.491	0.491	0.490	0.354
TiO_2	0.108	0.121	0.106	0.211	0.201	0.197	0.256	0.128	0.166
X	0.284	0.124	0.168	0.162	0.271	0.304	0.227	0.320	0.233
Y	0.275	0.099	0.180	0.164	0.278	0.303	0.237	0.302	0.230
Z	0.197	0.103	0.147	0.185	0.268	0.240	0.321	0.204	0.208

 $\Sigma = 2.293$

Tabla V.5.4.

FAMILIAS DE DATOS TRANSFORMADOS POR $y = \frac{x - \text{Max}}{\text{Max} - \text{min}}$

	F1	F2	F3	F4	F5	Medias
Al_2O_3	0.213	0.105	0.150	0.231	0.165	0.173
CaO	0.346	0.274	0.523	0.523	0.323	0.398
Fe_2O_3	0.358	0.339	0.406	0.431	0.334	0.373
MgO	0.631	0.314	0.560	0.397	0.403	0.459
MnO	0.355	0.350	0.505	0.693	0.413	0.453
TiO_2	0.181	0.185	0.217	0.143	0.198	0.185
X	0.233	0.161	0.209	0.199	0.166	0.194
Y	0.215	0.141	0.204	0.197	0.165	0.184
Z	0.236	0.165	0.262	0.187	0.187	0.207

 $\Sigma = 2.550$

Tabla V.5.5.

FAMILIAS PARA DATOS TRANSFORMADOS POR $y = \arcsin(x)$

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	Medias
Al_2O_3	0.447	0.203	0.252	0.168	0.190	0.127	0.236
CaO	0.149	0.194	0.393	0.602	0.497	0.495	0.422
Fe_2O_3	0.629	0.330	0.208	0.547	0.325	0.378	0.420
MgO	1.109	0.468	0.684	0.537	0.477	0.379	0.557
MnO	0.086	0.345	0.255	0.805	0.459	0.411	0.393
TiO_2	0.205	0.170	0.128	0.341	0.169	0.191	0.204
X	0.040	0.166	0.308	0.117	0.156	0.199	0.165
Y	0.047	0.167	0.266	0.118	0.152	0.182	0.155
Z	0.258	0.173	0.326	0.167	0.190	0.209	0.224

 $\Sigma = 2.820$

Tabla V.5.6.

		1	2	3	4	5	6	7	8
Al_2O_3	μ	30.140	28.769	26.500	33.750	38.375	36.772	24.522	32.000
	σ	4.39	7.510	5.202	4.40	2.46	4.66	5.58	4.63
	c.v.	0.14	0.261	0.19	0.13	0.06	0.12	0.12	0.14
CaO	μ	0.208	0.128	0.711	0.377	0.615	0.439	0.366	0.325
	σ	0.10	0.069	0.16	0.14	0.11	0.07	0.10	0.06
	c.v.	0.47	0.543	0.23	0.37	0.18	0.17	0.28	0.18
Fe_2O_3	μ	3.560	3.861	7.466	5.625	5.999	7.854	5.200	3.412
	σ	1.88	1.853	2.08	0.82	1.16	1.95	1.43	1.23
	c.v.	0.53	0.480	0.28	0.14	0.19	0.24	0.27	0.36
MgO	μ	0.890	0.634	2.766	1.600	1.443	1.150	0.800	0.837
	σ	0.49	0.365	0.91	0.24	0.28	0.39	0.17	0.13
	c.v.	0.55	0.575	0.33	0.15	0.19	0.34	0.22	0.16
MnO	μ	0.008	0.161	0.111	0.112	0.171	0.186	0.177	0.093
	σ	0.04	0.079	0.05	0.02	0.51	0.04	0.05	0.03
	c.v.	0.49	0.491	0.49	0.22	0.29	0.21	0.28	0.34
TiO_2	μ	1.100	0.896	1.111	1.175	1.181	1.301	0.922	1.100
	σ	0.14	0.229	0.21	0.23	0.25	0.14	0.11	0.12
	c.v.	0.12	0.256	0.19	0.20	0.21	0.10	0.12	0.10
X	μ	25.49	27.092	24.497	35.182	26.320	20.698	26.903	23.242
	σ	8.17	7.174	7.45	9.54	4.25	3.48	3.60	6.61
	c.v.	0.32	0.227	0.30	0.27	0.16	0.16	0.12	0.28
Y	μ	26.108	27.248	24.186	35.431	25.050	21.172	28.789	23.578
	σ	7.89	6.472	7.34	9.86	4.12	3.81	2.86	6.48
	c.v.	0.30	0.237	0.30	0.27	0.16	0.18	0.09	0.27
Z	μ	25.283	23.740	21.260	32.199	24.642	21.606	23.856	32.330
	σ	5.28	7.640	5.11	8.66	4.56	3.19	2.46	4.60
	c.v.		0.321	0.24	0.27	0.18	0.14	0.10	0.19
Nº de las muestras		688546	688523	658525	688527	266175	18373	658529	046554
		547104	18366	547105	18364	266566	18358	496794	097140

La separación obtenida con $y = \log_2 (x)$ es la que presenta un menor coeficiente de variación, por lo que aceptaremos como mejor la definición de grupos obtenida a partir de los datos transformados mediante esta función, y con ellos será con los que desarrollaremos todo el proceso del tratamiento posterior.

V.5.3. CALCULO DE IDENTIDAD/DIFERENCIACION ENTRE AGRUPACIONES

Mediante la aplicación del programa GECYS determinaremos las probabilidades de que las familias sean iguales y obtendremos cuáles son los parámetros que mejor nos definen al Universo muestral.

Por necesidades de programación y para evitar la eliminación de parámetros por tratamientos sucesivos tal como se ha hecho con los datos semicuantitativos, (ver exposición en el apartado siguiente), hemos optado por comparar únicamente las agrupaciones que contienen el suficiente número de muestras en relación con el universo de parámetros, evitando la inducción de errores.

Las familias comparadas han sido las F3, F3, F5, F6, F7 y F8 obtenidas, como ya hemos dicho, con el programa GETRES a los datos transformados por aplicación de la función logarítmica $y = \log_2 (x)$.

Determinamos primero cuáles son los parámetros que realmente se utilizan en cada una de las discriminaciones, indicando entre paréntesis el porcentaje de aporte de cada uno de ellos a la función discriminante:

Tabla V.5.7. APOORTE DE CADA PARAMETRO A LA DEFINICION DE CADA FAMILIA

Familias	3	5	6	7	8
	CaO (73)	CaO (70)	CaO (69)	CaO (87)	CaO (71)
2	MgO, MnO (18) (8)	Al ₂ O ₃ , MgO (8) (21)	Al ₂ O ₃ , TiO ₂ (6) (23)	Fe ₂ O ₃ (12)	MnO, Al ₂ O ₃ (21) (6)
3		Al ₂ O ₃ (38)	MgO (38)	MgO (52)	MgO (43)
		MgO, MnO, Fe ₂ O ₃ (37) (13) (9)	CaO, MnO, X (28) (26) (6)	CaO, Fe ₂ O ₃ , MnO (6) (12) (21)	Al ₂ O ₃ , CaO, Fe ₂ O ₃ (9) (14) (31)
5			CaO (26)	Al ₂ O ₃ (45)	CaO (39)
			Fe ₂ O ₃ , MgO, X, TiO ₂ (16) (18) (21) (9)	CaO, MgO, TiO ₂ (17) (29) (7)	Al ₂ O ₃ , MgO, Fe ₂ O ₃ (15) (29) (9)
6				TiO ₂ (46)	Fe ₂ O ₃ (45)
				Al ₂ O ₃ (33), X (20)	Al ₂ O ₃ (12), MnO (41)
7					MnO (43)
					Al ₂ O ₃ (16), CaO (10)

Tabla V.5.8.

PORCENTAJE DE CADA PARAMETRO A LA DIFERENCIACION
DE CADA UNA DE LAS FAMILIAS.

	2	3	5	6	7	8	μ	%
CaO	370	121	158	123	120	134	170	35
MgO	39	188	134	56	81	72	95	20
MnO	29	68	13	67	64	105	57	12
Al ₂ O ₃	20	47	68	51	94	58	56	11
TiO ₂	23	0	16	78	53	0	28	6
Fe ₂ O ₃	12	52	34	61	53	114	54	11
X	0	6	21	47	20	0	15	3

Del último cuadro se desprende que el parámetro con mayor significación es el CaO, seguido del MgO, MnO, Al₂O₃ y Fe₂O₃, le siguen en importancia, y finalmente TiO₂ y la coordenada de color X.

Haciendo uso de los cocientes Porcentaje total/ μ , podemos deducir la significación que tiene cada parámetro en cuanto a definición de cada una de las familias:

Tabla V.5.9.

	2	3	5	6	7	8
CaO	2.17	0.71	0.89	0.72	0.70	0.78
MgO	0.41	1.97	1.42	0.59	0.85	0.75
MnO	0.51	1.19	0.23	1.17	1.12	1.84
Al ₂ O ₃	0.35	0.84	1.21	0.91	1.68	1.03
TiO ₂	0.82	0	0.57	1.78	1.89	0
Fe ₂ O ₃	0.22	0.96	0.63	1.13	0.98	2.11
X	0	0.40	1.40	3.13	1.33	0

Y así, tenemos como parámetros característicos de cada familia:

F2: CaO

F3: MgO, MnO, (Fe₂O₃)

F5: MgO, X, Al₂O₃

F6: X, TiO₂, (MnO), (Fe₂O₃)

F7: TiO₂, Al₂O₃, (x), (MnO)

F8: Fe₂O₃, MnO, Al₂O₃

Con el total de parámetros, las diferencias entre cada una de las familias es muy buena, encontrándose valores de probabilidad de no semejanza del 100%. En la Tabla V.5.10 hemos representado los valores de probabilidad de no semejanza (P) y los valores de distancias del centro a las familias presentadas en ordenadas (D1) y en abscisas (D2).

Tabla V.5.10.

		F3	F5	F6	F7	F8
F2	P	100%	100%	100%	99.76%	100%
	D1	26.38	38.18	14.17	7.08	20.38
	D2	38.11	31.02	28.57	10.23	33.13
F3	P		100%	99.99%	99.95%	99.45%
	D1	-	33.79	25.20	29.32	17.68
	D2		19.01	20.62	29.32	19.89
F5	P			100%	100%	100%
	D1		-	9.26	13.51	14.10
	D2			13.48	24.02	28.20
F7	P				99.98%	98.62%
	D1			-	20.39	7.51
	D2				24.92	10.33
F8	P					98.86%
	D1				-	13.75
	D2					15.47

V.5.4. CALCULOS DE INTERDEPENDENCIAS PARAMETRICAS

Para determinar las posibles correlaciones entre parámetros y establecer las ecuaciones de las rectas de regresión de cada parámetro, utilizamos el programa GETRES. Su aplicación ha sido hecha para los datos del Universo muestral completo, para el conjunto que entran a formar parte de las familias de los datos - transformados mediante $y = \log(x)$, y de éstas mismas familias por separado.

Datos de cuantómetro y color, sin separar familias

Tabla V.5.11.

Matriz de coeficientes de correlación:

	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂	X	Y	Z
Al ₂ O ₃	-0.05	0.23	0.04	0.23	0.55	-0.19	-0.18	0.12
CaO		0.10	0.09	0.45	-0.02	0.28	-0.10	-0.04
Fe ₂ O ₃			0.22	0.24	0.42	-0.30	-0.33	-0.37
MgO				0.13	0.19	-0.10	-0.12	-0.04
MnO					0.19	-0.12	0.31	-0.15
TiO ₂						-0.23	-0.19	0.07
X							0.90	0.71
Y								0.78

Las ecuaciones de las rectas de regresión de cada parámetro son:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 16.08818 - 0.71393 \text{ CaO} + 16.4864 \text{ MnO} + 11.19253 \text{ TiO}_2 - 0.47758 \text{ Y} + 0.56015 \text{ Z}.$$

$$F = 7.1779 \quad P(6,82) = 1.000$$

$$\text{E.s.} = 6.6704 \quad \text{E.s. datos} = 8.398$$

$$\text{CaO} = -0.385086 + 0.02836 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 3.13717 \text{ MnO} + 0.49798 \text{ TiO}_2 + 0.41636 \text{ X} - 0.40613 - 0.01830 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$F = 2.1452 \quad P(7,82) = 0.9523$$

$$\text{E.s.} = 0.7700 \quad \text{E.s. datos} = 1.6499$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3.848076 + 0.34153 \text{ MgO} + 4.62592 \text{ TiO}_2 + 0.09459 \text{ X} - 0.25666 \text{ Z}.$$

$$F = 2.008 \quad P(5,82) = 0.9140$$

$$\text{E.s.} = 2.271 \quad \text{E.s. datos} = 2.836$$

$$\text{MgO} = 0.809027 + 0.07906 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 4.665 \quad P(2,82) = 0.9879$$

$$\text{E.s.} = 0.9904 \quad \text{E.s. datos} = 1.010$$

$$\text{MnO} = 0.131548 - 0.00261 \text{ X} + 0.00211 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.02736 \text{ CaO}.$$

$$F = 5.904 \quad P(4,82) = 0.9997$$

$$\text{E.s.} = 0.0683 \quad \text{E.s. datos} = 0.0825$$

$$\text{TiO}_2 = 0.329903 - 0.01546 \text{ X} + 0.02154 \text{ Z} + 0.01206 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.04406 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 9.347 \quad P(5,82) = 1.000$$

$$\text{E.s.} = 0.2283 \quad \text{E.s. datos} = 0.3089$$

$$\text{X} = 0.963732 + 0.98588 \text{ Y} + 1.72117 \text{ CaO} - 1.21274 \text{ TiO}_2$$

$$F = 5.028 \quad P(4,82) = 0.9989$$

$$\text{E.s.} = 1.561 \quad \text{E.s. datos} = 7.5529$$

$$Y = 1.156492 + 0.097042 Z - 1.57146 \text{ CaO} + 0.88938 X.$$

$$F = 6.543 \quad P(4,82) = 0.9999$$

$$E.s. = 1.517 \quad E.s. \text{ datos} = 7.1382$$

$$Z = -1.598421 + 0.16642 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.30634 \text{ CaO} - 0.61709 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 4.67345 \text{ TiO}_2 + 0.71554 Y.$$

$$F = 2.055 \quad P(6,82) = 0.9326$$

$$E.s. = 3.318 \quad E.s. \text{ datos} = 5.516$$

Datos cuantometro solo, sin separar familias.

Tabla. V.5.12.

Matriz de coeficientes de correlación:

	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂
Al ₂ O ₃	0.15	0.17	0.03	0.24	0.45
CaO		0.38	0.52	0.05	0.23
Fe ₂ O ₃			0.23	0.22	0.31
MgO				0.84	0.17
MnO					0.10

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 15.183771 + 18.71835 \text{ MnO} + 12.59279 \text{ TiO}_2$$

$$F = 4.0093 \quad (3.75) \quad 99 > P > 97,5$$

$$E.s. = 6.0344 \quad (E.s. \text{ datos} = 6.8712)$$

$$\text{CaO} = 0.117574 + 0.02509 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 0.14063 \text{ MgO}$$

$$F = 8.8334 \quad (3.75) \quad P = 100\%$$

$$E.s. = 0.1909 \quad (E.s. \text{ datos} = 0.2341)$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0.490723 + 6.56534 \text{ MnO} + 2.41179 \text{ TiO}_2 + 3.5837 \text{ CaO}$$

$$F = 3.3849 \quad (4.75) \quad 99 > P > 97.5$$

$$E.s. = 2.3020 \quad (E.s. \text{ datos} = 2.5871)$$

$$\text{MgO} = 0.483151 + 1.73637 \text{ CaO}$$

$$F = 30.9595 \quad (2.75) \quad P = 100.00$$

$$E.s. = 0.7566 \quad (E.s. \text{ datos} = 0.7697)$$

$$\text{MnO} = 0.045687 + 0.0022 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.02243 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 6.1860 \quad (3.75) \quad P = 100.00$$

$$E.s. = 0.2066 \quad (E.s. \text{ datos} = 0.2383)$$

Coeficientes de correlación y rectas de regresión del Universo muestral constituido por las muestras que forman parte de las familias obtenidas con los datos transformados mediante $y = \ln(x)$.

Tabla V.5.13.

Matriz de coeficientes de correlación:

	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂	X	Y	Z
Al ₂ O ₃	.20	.23	.00	.20	.46	-.17	-.20	.09
CaO		.52	.67	.14	.32	-.12	-.17	-.10
Fe ₂ O ₃			.46	.26	.31	-.23	-.23	-.31
MgO				.02	.19	-.20	-.22	-.20
MnO					.08	-.24	-.25	-.18
TiO ₂						-.20	-.16	.11
X							.97	.72
Y								.72

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 17.188131 + 13.269669 \text{ TiO}_2$$

$$F = 20.53 \quad P(2.65) = 1.00 \quad \text{E.s.} = 6.18$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 18.540069 + 14.3221 \text{ MnO} + 10.09953 \text{ TiO}_2 - 0.40176 \text{ Y} + 0.43737 \text{ Z.}$$

$$F = 5.090 \quad P(5.65) = 99.95 \quad \text{E.s.} = 5.95$$

$$\underline{\text{Al}_2\text{O}_3 = F(\text{TiO}_2, \text{MnO}, \text{Z}, \text{X}, \text{MgO})} \quad \mu = 31.91 \quad \text{E.s.} = 6.95$$

$$\text{CaO} = 0.175817 + 0.10224 \text{ MgO}$$

$$F = 59.812009 \quad P(2.65) = 1.00 \quad \text{E.s.} = 0.1635$$

$$\text{CaO} = 0.72183 + 0.02710 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 0.15536 \text{ MgO}$$

$$F = 8.72 \quad P(3.65) = 0.9999 \quad \text{E.s.} = 0.155$$

$$\text{CaO} = -0.164946 + 0.02255 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 0.15239 \text{ MgO} + 0.13875 \text{ TiO}_2 + 0.02453 \text{ X} - 0.02256 \text{ Y} + 0.00184 \text{ Z.}$$

$$F = 3.59 \quad P(7.65) = 99.75 \quad \text{E.s.} = 0.150$$

$$\underline{\text{CaO} = F(\text{MgO}, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Y})} \quad \mu = 0.4158 \quad \text{E.s.} = 0.2191$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3.285733 + 5.37897 \text{ CaO}$$

$$F = 28.35 \quad P(2.65) = 1.000 \quad \text{E.s.} = 1.904$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4.438035 + 1.88607 \text{ TiO}_2 - 0.11817 \text{ Z} + 4.37663 \text{ CaO}$$

$$F = 4.33 \quad P(4.65) = 0.9964 \quad \text{E.s.} = 1.78$$

$$\underline{\text{Fe}_2\text{O}_3 = f(\text{CaO}, \text{Z}, \text{TiO}_2, \text{Y})} \quad \mu = 5.52 \quad \text{E.s.} = 2.22$$

$$\text{MgO} = 0.274460 + 2.34259 \text{ CaO}$$

$$F = 59.81 \quad P(2.65) = 1.00 \quad \text{E.s.} = 0.571$$

$$\text{MgO} = 0.586809 - 0.0178 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 2.11459 \text{ CaO} + 0.06349 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 3.36 \quad P(4.65) = 0.9854 \quad \text{E.s.} = 0.556$$

$$\underline{\text{MgO} = f(\text{CaO}, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)} \quad \mu = 1.24 \quad \text{E.s.} = 0.76$$

$$\text{MnO} = 0.097555 + 0.00827 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 5.52 \quad P(2.65) = 0.9939 \quad \text{E.s.} = 0.067$$

$$\underline{\text{MnO} = f(\text{Fe}_2\text{O}_3, Y)} \quad \mu = 0.143 \quad \text{E.s.} = 0.069$$

$$\text{TiO}_2 = 0.580489 + 0.016511 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$F = 20.53 \quad P(2.65) = 1.00 \quad \text{E.s.} = 0.217$$

$$\text{TiO}_2 = 0.517035 - 0.01697 X + 0.02209 Z + 0.00916 \text{ Al}_2\text{O}_3 +$$

$$+ 0.17075 \text{ CaO} + 0.02477 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 9.26 \quad P(6.65) = 1.00 \quad \text{E.s.} = 0.198$$

$$\underline{\text{TiO}_2 = f(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{CaO}, Z, X, Y)} \quad \mu = 1.10 \quad \text{E.s.} = 0.245$$

$$X = 0.725684 + 0.97627 Y$$

$$F = 1152.31 \quad P(2.65) = 1.00 \quad \text{E.s.} = 1.58$$

$$X = 0.483601 + 0.98540 Y + 0.05658 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 1.85362 \text{ CaO} -$$

$$- 2.31977 \text{ TiO}_2$$

$$F = 3.88 \quad P(5.65) = 99.62 \quad \text{E.s.} = 1.49$$

$$\underline{X = f(Y, \text{CaO}, \text{TiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3)} \quad \mu = 25.79 \quad \text{E.s.} = 6.43$$

$$Y = 0.830565 + 0.96329 X$$

$$F = 1152.31 \quad P(2.65) = 1.00 \quad \text{E.s.} = 1.57$$

$$Y = 1.332961 - 0.06238 \text{ Al}_2\text{O}_3 - 1.97939 \text{ CaO} + 2.15953 \text{ TiO}_2 +$$

$$+ 0.96 X$$

$$F = 4.92 \quad P(5.65) = 0.0003 \quad \text{E.s.} = 1.47$$

$$\underline{Y = f(X, \text{CaO}, \text{TiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3)} \quad \mu = 25.67 \quad \text{E.s.} = 6.39$$

$$Z = 7.669847 + 0.63208 Y$$

$$F = 82.12 \quad P(2.65) = 1.00 \quad \text{E.s.} = 3.83$$

$$Z = -0.67108 + 0.1674 \text{ Al}_2\text{O}_3 - 0.64247 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 4.98816 \text{ TiO}_2 + 0.64843 Y.$$

$$F = 7.581 \quad P(5,65) = 1.00 \quad \text{E.s.} = 3.27$$

$$Z = f(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2, Y) \quad \mu = 23.89 \quad \text{E.s.} = 5.55$$

Coeficientes de correlación y rectas de regresión de las familias separadas, mediante GECLUP de datos transformados por $y = \log_2(x)$.

FAMILIA 1: (88546 \rightarrow 47104)

Tabla V.5.14.

Matriz de coeficientes de correlación:

	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂	X	Y	Z
Al ₂ O ₂	-.10	-.26	-.20	.62	.29	-.15	-.13	.44
CaO		.69	.74	.60	.65	-.79	-.80	-.74
Fe ₂ O ₃			.87	.55	-.05	-.89	-.90	-.93
MgO				.50	.19	-.84	-.86	-.95
MnO					.39	-.85	-.83	-.35
TiO ₂						-.25	-.25	-.06
X							.99	.79
Y								.80

Rectas de regresión:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = -5.202857 + 1982.214 \text{ MnO} + 0.7487 X$$

$$F = 14.42 \quad P(3,1) = 0.80 \quad \text{E.s.} = 1.68$$

$$\mu = 30.14 \quad \text{E.s. o.} = 4.39$$

$$\text{CaO} = -0.795048 + 0.060 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 0.58593 \text{ TiO}_2 + 0.00555 \text{ Y}$$

$$F = 15.31 \quad P(4,1) = 0.81 \quad \text{E.s.} = 0.018$$

$$\mu = 0.208 \quad \text{E.s. o.} = 0.099$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 26.327654 - 1386.15833 \text{ MnO} - 1.13 \text{ X} + 0.6759 \text{ Z}$$

$$F = 100. \quad P(4,1) = 0.99 \quad \text{E.s.} = 0.0024$$

$$\mu = 3.56 \quad \text{E.s. o.} = 1.88$$

$$\text{MgO} = 1.773511 + 0.04411 \text{ X} - 0.17266 \text{ Z} + 0.08165 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$F = 15.6613 \quad P(4,1) = 0.81 \quad \text{E.s.} = 0.043$$

$$\mu = 0.89 \quad \text{E.s. o.} = 0.49$$

$$\text{MnO} = 0.018993 - 0.00082 \text{ X} + 0.00049 \text{ Z} - 0.00072 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 100 \quad P(4,1) = 0.998 \quad \text{E.s.} = 0.0$$

$$\mu = 0.0082 \quad \text{E.s. o.} = 0.00044$$

$$\text{TiO}_2 = 0.965534 - 1.92942 \text{ CaO} - 0.07496 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 20.0349 \quad P(3,1) = 0.8376 \quad \text{E.s.} = 0.045$$

$$\mu = 1.1. \quad \text{E.s. o.} = 0.141$$

$$\text{X} = -1.546628 + 1.03576 \text{ Y}$$

$$F = 2960.08 \quad P(2,1) = 0.987 \quad \text{E.s.} = 0,3$$

$$\mu = 25.49 \quad \text{E.s. o.} = 8.17$$

$$\text{Y} = 1.518154 - 0.9645 \text{ X}$$

$$F = 1960.08 \quad P(2,1) = 0.987 \quad \text{E.s.} = 0.28$$

$$\mu = 26.10 \quad \text{E.s. o.} = 7.889$$

$$\text{Z} = 10.03316 + 0.47557 \text{ Al}_2\text{O}_3 - 5.72 \text{ MgO} + 0.25922 \text{ X}$$

$$F = 47.92 \quad P(4,1) = 0.89 \quad \text{E.s.} = 0.25$$

$$\mu = 25.88 \quad \text{E.s. o.} = 5.28$$

FAMILIA 2: (88523 → 18366)

Tabla V.5.15.

Matriz de coeficientes de correlación:

	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂	X	Y	Z
Al ₂ O ₃	-.28	.36	.31	.46	.29	-.44	-.44	-.08
CaO		-.00	-.34	.66	-.41	-.06	-.07	-.11
Fe ₂ O ₃			.56	.18	.06	-.17	-.22	-.53
MgO				-.09	.11	-.01	-.05	-.18
MnO					-.22	-.44	-.46	-.22
TiO ₂						-.11	-.08	.16
X							.99	.75
Y								.76

Rectas de regresión:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 25.582538 - 113.263 \text{ CaO} + 109.79 \text{ MnO}$$

$$F = 36.40 \quad P(3,3) = 0.992 \quad \text{E.s.} = 3.38$$

$$\mu = 28.77 \quad \text{E.s. o.} = 7.51$$

$$\text{CaO} = 0.184561 + 0.00631 \text{ MnO} - 0.00693 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$F = 36.40 \quad P(3,3) = 0.9926 \quad \text{E.s.} = 0.026$$

$$\mu = 0.128 \quad \text{E.s. o.} = 0.069$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = -2.741411 + 0.53965 \text{ MgO} + 0.31487 \text{ X} - 0.30214 \text{ Z} + 0.17042 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$F = 7.30 \quad P(5,3) = 0.9337 \quad \text{E.s.} = 1.09$$

$$\mu = 3.86 \quad \text{E.s. o.} = 1.85$$

$$\text{MgO} = 0.202432 + 0.11192 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 5.23 \quad P(2,3) = 0.8948 \quad \text{E.s.} = 0.31$$

$$\mu = 0.63 \quad \text{E.s. o.} = 0.36$$

$$\text{MnO} = 0.178381 + 0.00743 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.98124 X$$

$$F = 44.41 \quad P(3,3) = 0.9945 \quad \text{E.s.} = 0.027$$

$$\mu = 0.1615 \quad \text{E.s. o.} = 0.079$$

$$\text{TiO}_2 = 1.07129 - 1.36334 \text{ CaO}$$

$$F = 2.2782 \quad P(2,3) = 0.75 \quad \text{E.s.} = 0.218$$

$$\mu = 0.896 \quad \text{E.s. o.} = 0.229$$

$$X = 1.27619 + 0.4474 Y$$

$$F = 799.71 \quad P(2,3) = 0.9999 \quad \text{E.s.} = 0.75$$

$$\mu = 27.09 \quad \text{E.s. o.} = 6.17$$

$$Y = 0.958995 + 1.04115 X$$

$$F = 799.71 \quad P(2,3) = 0.9999 \quad \text{E.s.} = 0.78$$

$$\mu = 27.24 \quad \text{E.s. o.} = 6.47$$

$$Z = -10.459054 + 0.49827 \text{ Al}_2\text{O}_3 - 2.11424 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 1.02864 Y$$

$$F = 15.86 \quad P(4,3) = 0.9767 \quad \text{E.s.} = 2.78$$

$$\mu = 23.74 \quad \text{E.s. o.} = 7.64$$

FAMILIA 3: (658525 \rightarrow 547105)

Matriz de coeficientes de correlación:

Tabla V.5.16.

	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂	X	Y	Z
Al ₂ O ₃	.34	.18	.13	.34	.58	.25	-.25	-.04
CaO		.41	.46	.67	.25	-.64	-.64	-.52
Fe ₂ O ₃			-.26	.12	-.19	-.09	-.09	-.18
MgO				.69	.09	-.51	-.51	-.37
MnO					.19	-.45	-.43	-.12
TiO ₂						.09	.08	.22
X							.99	.90
Y								.91

Rectas de regresión:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 18.002740 - 15.01152 \text{ CaO} + 1.27263 \text{ Fe}_2\text{O}_3 - 1.63373 \text{ MgO} + 5.48874 \text{ TiO}_2$$

$$F = 9862.31 \quad P(8,1) = 0.9922 \quad \text{E.s.} = 0.026$$

$$\mu = 26.5 \quad \text{E.s. o.} = 5.20$$

$$\text{CaO} = 0.4790 + 2.08837 \text{ MnO}$$

$$F = 6.00 \quad P(2,1) = 0.7227 \quad \text{E.s.} = 0.1317$$

$$\mu = 0.7111 \quad \text{E.s. o.} = 0.1679$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3.82 + 5.128 \text{ CaO}$$

$$F = 1.43 \quad P(2,1) = 0.49 \quad \text{E.s.} = 2.033$$

$$\mu = 7.46 \quad \text{E.s. o.} = 2.088$$

$$\text{MgO} = 4.339975 + 22.37896 \text{ MnO} + 0.21572 \text{ X} - 0.34323 \text{ Z} - 0.27414 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 7.65 \quad P(6,1) = 0.7325 \quad \text{E.s.} = 0.389$$

$$\mu = 2.76 \quad \text{E.s. o.} = 0.9178$$

$$\text{MnO} = - 0.00314 + 0.0413 \text{ MgO}$$

$$F = 6.49$$

$$P (2,1) = 0.7326$$

$$E.s. = 0.042$$

$$\mu = 1.11$$

$$E.s.o. = 0.054$$

$$\text{TiO}_2 = 0.462381 + 0.02448 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$F = 3.573$$

$$P (2,1) = 0.6497$$

$$E.s. = 0.19$$

$$\mu = 1.11$$

$$E.s.o. = 0.219$$

$$X = 0.008712 + 1.01321 Y$$

$$F = 3748.06$$

$$P (2,1) = 0.9885$$

$$E.s. = 0.34$$

$$\mu = 24.49$$

$$E.s.o. = 7.45$$

$$Y = 0.05367 + 0.9851 X$$

$$F = 3748.06$$

$$P (2,1) = 1.9885$$

$$E.s. = 0.339$$

$$\mu = 24.18$$

$$E.s.o. = 7.35$$

$$Z = - 1.31712 + 0.12943 \text{ Al}_2\text{O}_3 - 0.30637 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 15.25094 \text{ MnO} - \\ - 3.6497 X + 4.41406 Y$$

$$F = 17.78$$

$$P (6,1) = 0.82$$

$$E.s. = 0.417$$

$$\mu = 21.26$$

$$E.s.o. = 5.11$$

FAMILIA 4: (688527 → 18364)

Matriz de coeficientes de correlación:

Tabla V.5.17.

	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂	X	Y	Z
Al ₂ O ₃	-.06	.02	-.78	.94	.98	.03	.09	.25
CaO		-.74	.08	-.51	-.74	.63	.61	.50
Fe ₂ O ₃			.59	-.10	-.11	-.95	-.96	-.84
MgO				-.81	-.86	-.62	-.67	-.71
MnO					.91	.06	.14	.32
TiO ₂						.29	.32	.27
X							.99	.69
Y								.75

Rectas de regresión:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 12.1791 + 18.35821 \text{ TiO}_2$$

$$F = 62.77 \quad P(2,1) = 0.911 \quad \text{E.s.} = 0.9482$$

$$\mu = 33.75 \quad \text{E.s.o.} = 4.40$$

$$\text{CaO} = 1.63222 - 0.13969 \text{ Fe}_2\text{O}_3 - 0.39816 \text{ TiO}_2$$

$$F = 160.29 \quad P(3,1) = 0.942 \quad \text{E.s.} = 0.012$$

$$\mu = 0.377 \quad \text{E.s.o.} = 0.14$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 8.484646 - 0.08071 Y$$

$$F = 29.73 \quad P(2,1) = 0.8714 \quad \text{E.s.} = 0.822$$

$$\mu = 5.62 \quad \text{E.s.o.} = 0.822$$

$$\text{MgO} = 3.49 - 1.26306 \text{ TiO}_2 - 1.07533 \text{ CaO}$$

$$F = 207.81 \quad P(3,1) = 0.9491 \quad \text{E.s.} = 0.0147$$

$$\mu = 1.6 \quad \text{E.s.o.} = 0.244$$

$$\text{MnO} = -0.068562 + 0.00536 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$F = 16.89$$

$$P(2,1) = 0.8304$$

$$E.s. = 0.009$$

$$\mu = 0.112$$

$$E.s.o. = 0.025$$

$$\text{TiO}_2 = -0.606652 + 0.05279 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$F = 62.775864$$

$$P(2,1) = 0.9111$$

$$E.s. = 0.19$$

$$\mu = 1.17$$

$$E.s.o. = 0.236$$

$$X = 1.010498 + 0.96422 Y$$

$$F = 242.85$$

$$P(2,1) = 0.9547$$

$$E.s. = 1.056$$

$$\mu = 35.18$$

$$E.s.o. = 9.545$$

$$Y = -0.758361 + 1.02864 X$$

$$F = 242.85$$

$$P(2,1) = 0.9547$$

$$E.s. = 1.091$$

$$\mu = 35.43$$

$$E.s.o. = 9.85$$

$$Z = 82.5 - 8.94247 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 5.155$$

$$P(2,1) = 0.7027$$

$$E.s. = 5.60$$

$$\mu = 32.19$$

$$E.s.o. = 8.66$$

FAMILIA 5: (266175 \rightarrow 266566)

Tabla V.5.18.

	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂	X	Y	Z
Al ₂ O ₃	-.20	.51	-.07	-.02	-.08	-.36	-.49	-.10
CaO		.17	-.34	-.26	.29	.37	.50	.15
Fe ₂ O ₃			-.06	.01	- 13	-.17	-.02	-.32
MgO				.66	-.20	-.56	-.32	-.21
MnO					.00	-.38	-.21	-.15
TiO ₂						.22	.48	.54
X							.76	.30
Y								.16

Rectas de regresión:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 39.184272 + 1.07097 \text{ Fe}_2\text{O}_3 - 0.28882 Y$$

$$F = 6.084$$

$$P(3,6) = 0.9701$$

$$E.s. = 1.87$$

$$\mu = 38.37$$

$$E.s.o. = 2.46$$

$$\text{CaO} = 0.2709 + 0.01374 Y$$

$$F = 4.69417$$

$$P(2,6) = 0.9407$$

$$E.s. = 0.101$$

$$\mu = 0.615$$

$$E.s.o. = 0.113$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = -3.420274 + 0.24548 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$F = 5.138577$$

$$P(2,6) = 0.9499$$

$$E.s. = 1.034$$

$$\mu = 600$$

$$E.s.o. = 1.16$$

$$\text{MgO} = 0.8196 + 3.63137 \text{ MnO}$$

$$F = 10.91$$

$$P(2,6) = 0.99$$

$$E.s. = 0.219$$

$$\mu = 1.44$$

$$E.s.o. = 0.282$$

$$\text{MnO} = 0.002293 + 0.12064 \text{ MgO}$$

$$F = 10.91$$

$$P(2,6) = 0.99$$

$$E.s. = 0.039$$

$$\mu = 0.17$$

$$E.s.o. = 0.051$$

$$\text{TiO}_2 = 0.030123 - 0.03491 X + 0.0511 Y + 0.03192 Z$$

$$F = 3.96$$

$$P(4,6) = 0.9344$$

$$E.s. = 0.179$$

$$\mu = 1.181$$

$$E.s.o. = 0.250$$

$$X = 13.213088 + 0.828 Y + 0.2968 Z - 4.80872 \text{ MgO} - 6.8546 \text{ TiO}_2$$

$$F = 3.729$$

$$P(5,6) = 0.9300$$

$$E.s. = 2.22$$

$$\mu = 26.22$$

$$E.s.o. = 4.25$$

$$Y = 24.286336 - 0.20941 Z - 0.6575 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.96108 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 7.76142 \text{ TiO}_2 + 0.61387 X$$

$$F = 3.57 \quad P(6,6) = 0.9267 \quad \text{E.s.} = 1.81$$

$$\mu = 25.05 \quad \text{E.s.o.} = 4.125$$

$$Z = 13.01594 + 9.84296 \text{ TiO}_2$$

$$F = 5.76 \quad P(2,6) = 0.96$$

$$\mu = 24.64 \quad \text{E.s.o.} = 4.5596$$

FAMILIA 6: (18373 \rightarrow 18358)

Matriz de coeficientes de correlación:

Tabla V.5.19.

	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂	X	Y	Z
Al ₂ O ₃	-.28	-.24	-.38	.02	.28	-.22	-.18	-.02
CaO		.46	.22	.09	.09	.16	.26	.49
Fe ₂ O ₃			.51	.13	.14	-.11	-.03	-.21
MgO				.22	.29	-.47	-.47	-.34
MnO					.55	-.28	-.32	.02
TiO ₂						-.32	-.38	.12
X							.98	.68
Y								.70

Rectas de regresión:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 59.827642 - 7.43852 \text{ MgO} - 0.70056$$

$$F = 2.66527 \quad P(3,1) = 0.5835 \quad \text{E.s.} = 4.164$$

$$\mu = 36.77 \quad \text{E.s.o.} = 4.66$$

$$\text{CaO} = 0.061371 + 0.02311 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 0.01471 Z$$

$$F = 6.40 \quad P(3,1) = 0.7192 \quad \text{E.s.} = 0.055$$

$$\mu = 0.439 \quad \text{E.s.o.} = 0.075$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4.926943 + 2.5474 \text{ MgO}$$

$$F = 3.30 \quad P(2,1) = 0.6375 \quad \text{E.s.} = 1.76$$

$$\mu = 7.85 \quad \text{E.s.o.} = 1.95$$

$$\text{MgO} = 0.321363 - 0.1055 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 2.20 \quad P(2,1) = 0.6375 \quad \text{E.s.} = 0.259$$

$$\mu = 1.15 \quad \text{E.s.o.} = 0.398$$

$$\text{MnO} = 0.019748 + 0.14916 \text{ TiO}_2$$

$$F = 4.07 \quad P(2,1) = 0.6693 \quad \text{E.s.} = 0.034$$

$$\mu = 0.186 \quad \text{E.s.o.} = 0.039$$

$$\text{TiO}_2 = -0.060616 - 0.267 \text{ MnO} + 0.0586 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 11.41 \quad P(8,1) = 0.7748 \quad \text{E.s.} = 0.000$$

$$\mu = 1.38 \quad \text{E.s.o.} = 0.063$$

$$X = 1.737712 + 0.89554 Y$$

$$F = 230.95 \quad P(2,1) = 0.9535 \quad \text{E.s.} = 0.710916$$

$$\mu = 20.69 \quad \text{E.s.o.} = 3.482$$

$$Y = 1.073491 + 1.07476 X$$

$$F = 230.95 \quad P(2,1) = 0.9535 \quad \text{E.s.} = 0.7788$$

$$\mu = 0.2117 \quad \text{E.s.o.} = 3.81$$

$$Z = -6.583056 + 19.81096 \text{ CaO} - 0.76087 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 9.22 \text{ TiO}_2 + 0.60483 Y$$

$$F = 8.49 \quad P(5,1) = 0.7455 \quad \text{E.s.} = 1.34$$

$$\mu = 21.68 \quad \text{E.s.o.} = 3.19$$

FAMILIA 7: (658529 → 496794)

Matriz de coeficientes de

Tabla V.5.20.

	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂	X	Y	Z
Al ₂ O ₃	.48	.37	-.17,	-.63	-.49	.67	.76	.57
CaO		-.57	.21	-.56	-.57	.34	.24	.12
Fe ₂ O ₃			.01	.20	.48	.04	.11	.05
MgO				-.20	.37	.35	.22	.08
MnO					.64	-.66	-.73	-.43
TiO ₂						-.49	-.50	-.40
X							-.94	.74
Y								.84

Rectas de regresión:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 24.284215 - 28.30979 \text{ CaO} + 2.38667 \text{ Fe}_2\text{O}_3 - 14.19076 \text{ MgO} + 1.29798 \text{ Y}$$

$$F = 13.22 \quad P(5,1) = 0.7944 \quad \text{E.s.} = 1.714$$

$$\mu = 24.52 \quad \text{E.s.o.} = 5.586$$

$$\text{CaO} = 0.412749 - 0.05681 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 0.01017 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$F = 3.58 \quad P(3,1) = 0.6338 \quad \text{E.s.} = 0.078$$

$$\mu = 0.366 \quad \text{E.s.o.} = 0.105$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = -5.8 + 8.73206 \text{ TiO}_2 + 0.21252 \text{ Al}_2\text{O}_3 - 6.175 \text{ CaO}$$

$$F = 14.62 \quad P(4,1) = 0.8066 \quad \text{E.s.} = 0.569$$

$$\mu = 5.2 \quad \text{E.s.o.} = 1.437$$

$$1.788396 + 1.76482 \text{ TiO}_2 + 0.04582 X - 0.06993 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$= 4.16 \quad P(4,1) = 0.6499 \quad E.s. = 0.112$$

$$= 0.80 \quad E.s.o. = 0.176$$

$$.306112 + 0.0249 X - 0.04422 Y - 0.11994 \text{ CaO} - 0.14674 \text{ MgO}$$

$$= 12.495 \quad P(7,1) = 0.7854 \quad E.s. = 0.011$$

$$= 0.177 \quad E.s.o. = 0.050$$

$$.736679 - 0.01536 X + 0.033 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 0.39455 \text{ MgO} +$$

$$+ 0.7933 \text{ MnO}$$

$$F = 5.858513 \quad P(5,1) = 0.6966 \quad E.s. = 0.044$$

$$\mu = 0.92 \quad E.s.o. = 0.112$$

$$5.433084 + 1.19269 X$$

$$F = 63.841 \quad P(2,1) = 0.9118 \quad E.s. = 1.21$$

$$\mu = 28.90 \quad E.s.o. = 3.603$$

$$6.949963 + 0.7556 X$$

$$F = 63.84 \quad P(2,1) = 0.9118 \quad E.s. = 0.9639$$

$$\mu = 28.78 \quad E.s.o. = 2.868$$

$$6.583056 + 19.81096 \text{ CaO} - 0.76087 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 9.2207 \text{ TiO}_2 +$$

$$+ 0.60483 Y$$

$$F = 8.493291 \quad P(5,1) = 0.7455 \quad E.s. = 1.348$$

$$\mu = 21.686 \quad E.s.o. = 3.193$$

FAMILIA 8: (046554 \rightarrow 097140)

atriz de coeficientes de correlación:

Tabla V.5.21.

	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	TiO ₂	X	Y	Z
Al ₂ O ₃	.05	-.15	-.37	-.48	.42	.50	.49	.59
CaO		.31	.49	.20	.67	-.31	-.32	-.39
Fe ₂ O ₃			.30	-.21	-.27	.46	.47	.24
MgO				.22	.21	-.17	-.17	-.20
MnO					.00	-.48	-.49	-.52
TiO ₂						-.37	-.39	-.32
X							.99	.96
Y								.96

Rectas de regresión:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = -7.481596 - 12.71181 \text{ MgO} + 29.25761 \text{ TiO}_2 + 0.76914 \text{ Z}$$

$$F = 6.57 \quad P(4,1) = 0.7163 \quad \text{E.s.} = 1.751$$

$$\mu = 32.00 \quad \text{E.s.o.} = 4.636$$

$$\text{CaO} = -0.675607 + 0.08506 \text{ Fe}_2\text{O}_3 - 0.13557 \text{ MgO} + 1.05432 \text{ MnO} + \\ + 0.44706 \text{ TiO}_2 - 0.03617 \text{ X} + 0.04603 \text{ Z}$$

$$F = 201.45 \quad P(7,1) = 0.9458 \quad \text{E.s.} = 0.002$$

$$= 0.325 \quad \text{E.s.o.} = 0.060$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2.614078 - 4.614078 - 4.61437 \text{ MnO} - 0.08996 \text{ X} + 1.38579 \text{ Y} - \\ - 0.48328 \text{ Z} - 0.08232 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$F = 25.710 \quad P(7,1) = 0.8493 \quad \text{E.s.} = 0.049$$

$$\mu = 3.41 \quad \text{E.s.o.} = 1.23$$

$$\text{MgO} = -0.046913 + 1.11647 \text{ TiO}_2 + 0.0341 \text{ Z} - 0.04419 \text{ Al}_2\text{O}_3 + \\ + 0.84525 \text{ CaO}$$

$$F = 1.90 \quad P(5,1) = 0.5012 \quad \text{E.s.} = 0.1134$$

$$\mu = 0.837 \quad \text{E.s.o.} = 0.138$$

$$\text{MnO} = 0.555918 - 0.18487 X + 0.28615 Y - 0.10072 Z - 0.01734 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 2.17 \text{ CaO} - 0.20862 \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$F = 11.49 \quad P(7,1) = 0.7766 \quad \text{E.s.} = 0.010$$

$$\mu = 0.093 \quad \text{E.s.o.} = 0.032$$

$$\text{TiO}_2 = 0.664961 + 1.33858 \text{ CaO}$$

$$F = 5.011 \quad P(2,1) = 0.6988 \quad \text{E.s.} = 0.095$$

$$\mu = 1.10 \quad \text{E.s.o.} = 0.119$$

$$X = 0.770375 + 1.01854 Y$$

$$F = 4567.94 \quad P(2,1) = 0.9895 \quad \text{E.s.} = 0.258$$

$$\mu = 23.24 \quad \text{E.s.o.} = 6.60$$

$$Y = 0.786286 + 0.98051 X$$

$$F = 4567.94 \quad P(2,1) = 0.9895 \quad \text{E.s.} = 0.2536$$

$$\mu = 23.52 \quad \text{E.s.o.} = 6.4846$$

$$Z = 5.407356 - 0.1696 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 21.44985 \text{ CaO} - 2.06537 \text{ Fe}_2\text{O}_3 - 9.52083 \text{ MnO} - 1.85921 X + 1.86447 Y$$

$$F = 23.304 \quad P(7,1) = 0.8418 \quad \text{E.s.} = 0.102$$

$$\mu = 23.33 \quad \text{E.s.o.} = 4.60$$

Si tenemos en cuenta los valores medios de los coeficientes de correlación de cada parámetro respecto de los demás en los diferentes estudios efectuados con GETRES, tendremos una rápida visión de cómo varían los parámetros en cada una de las agrupaciones muestrales. Esto es lo que representa el siguiente cuadro:

Tabla V.5.22.

VALORES MEDIOS DE COEFICIENTES DE CORRELACION DE CADA PARAMETRO.

	Universon	Solo Fam.	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	Modia Fam.
Al ₂ O ₃	.19	.19	.27	.33	.26	.39	.22	.20	.51	.38	.32
CaO	.14	.28	.63	.24	.49	.40	.28	.25	.38	.34	.38
Fe ₂ O ₃	.27	.31	.64	.26	.19	.53	.17	.22	.22	.30	.31
MgO	.11	.24	.64	.20	.37	.64	.30	.36	.20	.26	.37
MnO	.22	.17	.58	.34	.37	.47	.21	.20	.50	.32	.37
TiO ₂	.23	.22	.26	.18	.21	.56	.24	.27	.49	.33	.31
X	.35	.35	.69	.37	.29	.53	.39	.40	.52	.53	.46
Y	.36	.36	.69	.38	.48	.56	.36	.41	.54	.53	.49
Z	.28	.30	.63	.34	.40	.54	.24	.32	.40	.52	.42

Y de este cuadro deducimos que en cuanto a correlación entre parámetros, las muestras que hemos considerado como integrantes de las diferentes familias responden en líneas generales al Universo muestral, excepto en CaO y MgO en los que hay un aumento significativo en los coeficientes, sin duda debido a que en las muestras eliminadas hay valores erráticos que consideramos como anómalos.

Al efectuar la separación de familias, los coeficientes de correlación aumentan, cosa que era de prever. Sin embargo, hay que señalar la independencia señalada para el Fe₂O₃ en las familias F3 y F5, del MnO en F5 y F6 y de la coordenada de color X en la familia F3, sin duda éste correlacionado con el descenso en dependencia del Fe₂O₃ que como se aprecia a lo largo del estudio es el mayor condicionante de los valores de las coordenadas de color.

V.5.5.

CONCLUSIONES

Del estudio de los parámetros químicos cuantitativos y - coordenadas de color podemos deducir las siguientes conclusiones generales:

1) El Universo muestral no responde a un conjunto homogéneo, sino que en él se pueden separar diversas agrupaciones muestrales.

2) Analizadas las funciones matemáticas que normalmente son utilizadas para transformar este tipo de datos, se obtiene que - la mínima dispersión y por tanto la máxima aproximación a la distribución normal viene dada por la aplicación de una función logarítmica. De este modo, se han obtenido 8 distribuciones muestrales diferentes.

3) Estas ocho agrupaciones muestrales ó familias están perfectamente definidas, con una probabilidad de semejanza entre - ellas que como máximo alcanza el 0,55%, siendo en general del - 0.0%.

4) Los parámetros de mayor incidencia en la caracterización de las familias son:

$\text{CaO} = 35\%$ $\text{MgO} = 20\%$ $\text{MnO} = 12\%$ $\text{Al}_2\text{O}_3 = 11\%$

$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 11\%$

El resto de parámetros presentan incidencias menores, aún cuando en algún caso, pueda ser uno de estos el que se presente como característico de una determinada agrupación, tal como sucede con TiO_2 y X para F6.

5) Los coeficientes de correlación entre parámetros son en general bajos, excepto para las coordenadas de color, X, Y, Z, que tal como era de esperar muestran entre sí una gran dependencia, así como con Fe_2O_3 , que es el parámetro que parece ser condicionante de estas coordenadas.

Por otra parte, la dependencia entre el conjunto de parámetros es muy variable en lo que respecta a cada una de las familias. Así, en F1 y F4 aparecen estrechamente correlacionados - unos con otros, mientras que en F2, F5 y F9 la independencia es mucho mayor.



RIT. 800

ANALISIS ESTADISTICO DE LAS FORMACIONES URANIFERAS
DEL YACIMIENTO DE EL LOBO en DON BENITO.(Badajoz).

Volumen II

JUAN M. TENA CALVO

MADRID. Octubre 1.977

Trabajo realizado para optar al grado de
Doctor en GEOLOGIA ECONOMICA.

V.6. ESTUDIO ESTADISTICO DE DATOS QUIMICOS SEMICUANTITATIVOS, GAMMAMETRIA Y CONTENIDO EN U_3O_8 .

V.6.1.- INTRODUCCION.

En el apartado anterior establecíamos unas agrupaciones muestrales con posterior estudio de relaciones entre parámetros y comparación final de las agrupaciones ó familias obtenidas a partir de los datos químicos obtenidos en el cuantómetro. El estudio nos era útil en cuanto que permite establecer unas determinadas agrupaciones muestrales diferentes y bien definidas, pero nada nos indica sobre la relación de cada una de las familias con el problema objeto de este trabajo, que es el de establecer las coordenadas paramétricas del uranio.

Para determinar cuáles son los parámetros que nos influyen en la fijación o lixiviación del uranio se han efectuado medidas de radiación γ y contenido en U_3O_8 y se han analizado semicuantitativamente algunos elementos químicos presentes en el universo muestral; con este conjunto de datos se ha hecho un tratamiento semejante al del capítulo anterior, y cuyos resultados exponemos a continuación.

V.6.2. IDENTIFICACION DE POBLACIONES MUESTRALES

Por dificultades en los análisis y por problemas de economía, hemos tenido que limitar el universo muestral a 45 muestras de las que teníamos completo el conjunto de 16 parámetros utilizados en este estudio, que son: γ , U_3O_8 , Al, B, Ca, Cr, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Ti y V.

Por ser exiguo el número de muestras en las que se han determinado los valores de radiaciones γ , éste parámetro ha sido eliminado, utilizándose únicamente en un estudio final, independientemente.

Con el estudio mediante GECLUP hemos obtenido los siguientes resultados:

En los dendrogramas V.6.1 y V.6.2, aparece la agrupación de muestras según el coeficiente de correlación de Imbrie, el primero ponderado y el segundo sin ponderar, aceptando como válidos los datos sin transformar.

Según el dendrograma V.6.2, podemos diferenciar 5 familias:

F 1: 1016, 1027, 1023, 1035, 1024, 1033, 1020, 1021

F 2: 1006, 1047, 1001, 1004.

F 3: 1010, 1003, 1012, 1011, 1048, 1025, 1042, 1005, 1045, 1029.

F 4: 1036, 1013, 1041, 1007, 1014, 1031, 1046, 1030, 1037, 1029.

F 5: 1034, 1002, 1008, 1040, 1017, 1018, 1026, 1044, 1019, 1028, 1038.

Según el dendrograma V.6.1, podemos diferenciar tres familias, con subdivisiones entre ellas:

- F 1: a) 1034, 1002, 1008, 1040, 1017.
 b) 1018, 1026, 1044, 1019, 1028, 1039.
- F 2: a) 1019, 1036, 1013, 1041, 1010, 1003, 1012, 1007, 1014, 1045.
 b) 1025, 1042, 1005, 1011, 1048.
 c) 1031, 1046, 1030, 1037.
- F 3: a) 1016, 1027, 1023, 1033, 1020, 1021, 1035, 1024.
 b) 1006, 1047, 1001, 1004.

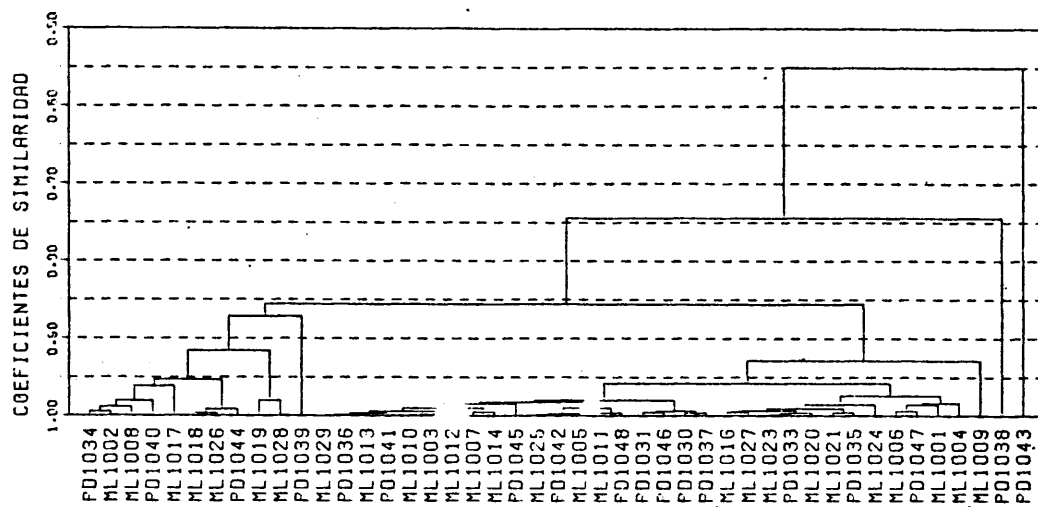
Al verificar la similitud entre los dos tipos de asociaciones llegamos a la conclusión de que la primera separación de familias es lo suficientemente buena como para poder ser aceptada, ya que la segunda únicamente puede servir para diferenciar de forma más nítida las posibles subfamilias.

Los dendrogramas V.6.3 y 4 presentan las agrupaciones ponderada e imponderada de los datos transformados mediante la función $Y = \ln(X)$. De ellos, obtenemos:

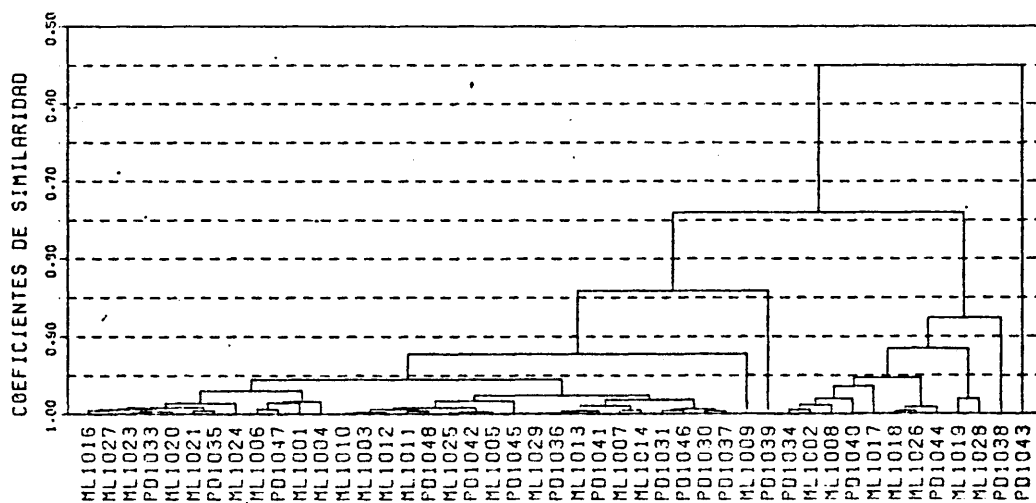
Del dendrograma V.6.3: Tres familias, con subfamilias:

- F 1: a) 1003, 1047, 1048.
 b) 1012, 1016, 1004, 1001, 1026, 1014, 1011.
 c) 1033, 1030, 1037, 1013, 1006.
- F 2: a) 1034, 1017, 1002, 1035, 1008, 1028, 1021.
 b) 1020, 1045, 1029, 1042, 1041, 1025.
 c) 1024, 1027, 1005.

DENDROGRAMA NUMERO V.6.2.
LOBO-PEDREGAL
 CORRELACION DE IMBRIE
 AGROP. IMPOND. DE: MUESTRAS
 ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.1.
LOBO-PEDREGAL
 CORRELACION DE IMBRIE
 AGROP. PONDERADA DE: MUESTRAS
 ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.3.

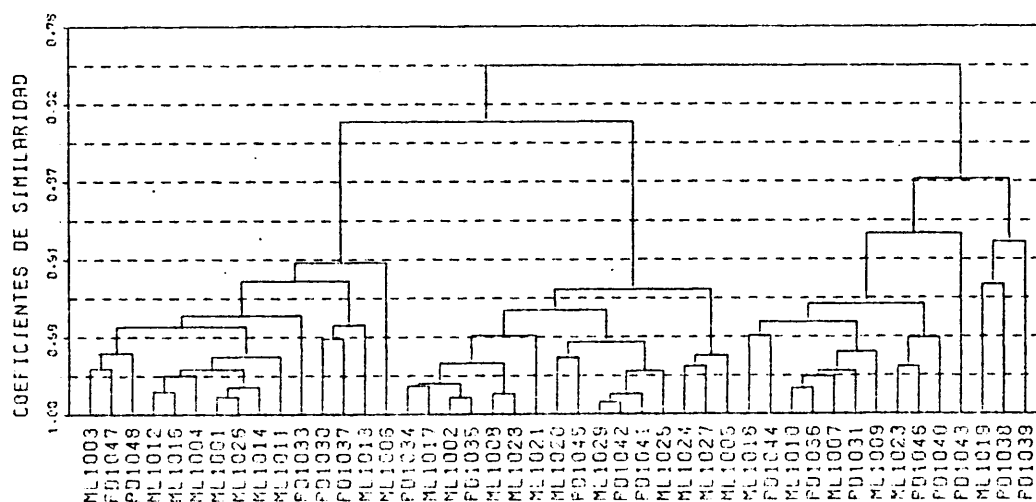
LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE IMBRIE

TRANS LOG E

AGROP. PONDERADA DE: MUESTRAS

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.4.

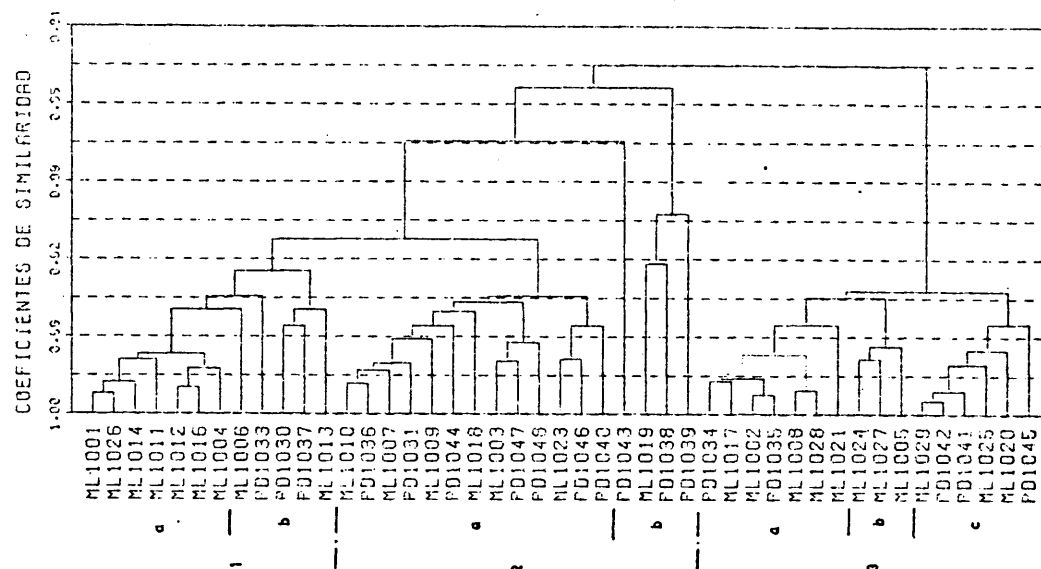
LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE IMBRIE

TRANS LOG E

AGROP. IMPOND. DE: MUESTRAS

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



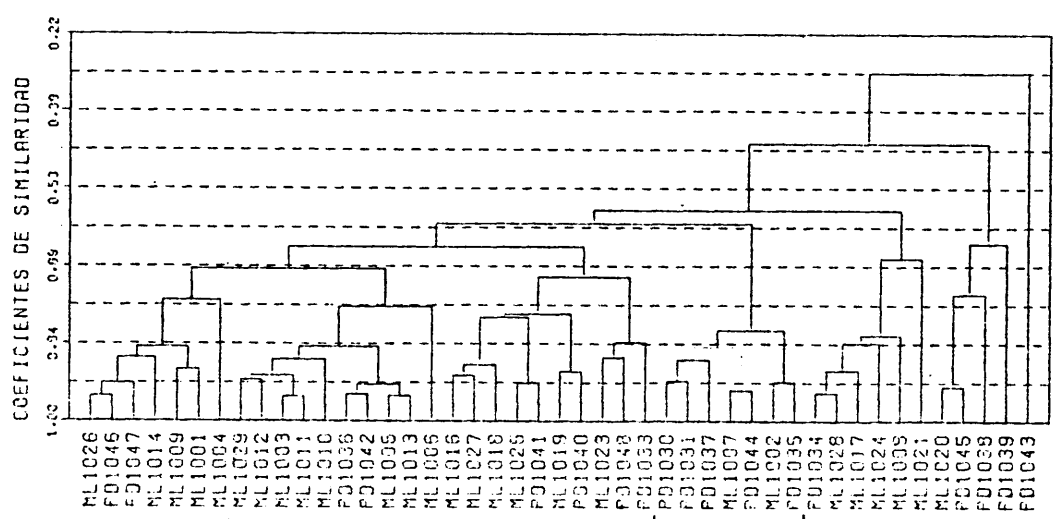
LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE IMPRIE

TRANS ARSN X

AGRUP.FONDERADA DE: MUESTRAS

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



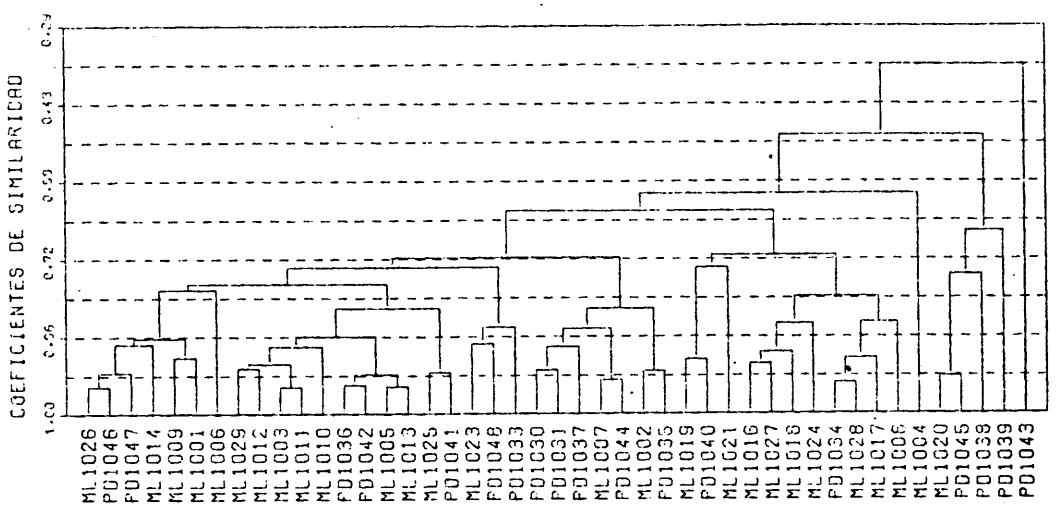
LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE IMPRIE

TRANS ARSN X

AGRUP.IMPOND. DE: MUESTRAS

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



- F 3: a) 1018, 1044, 1010, 1036, 1007, 1031, 1009.
 b) 1023, 1046, 1040.
 c) 1043, 1019, 1038, 1039.

Del dendrograma V.6.4 : Tres familias, con subfamilias:

- F 1: a) 1001, 1026, 1014, 1011, 1012, 1016, 1004.
 b) 1006, 1033, 1030, 1037, 1013.
- F 2: a) 1010, 1036, 1007, 1031, 1009, 1044, 1018, 1003, 1047,
 1048, 1023, 1046, 1040.
 b) 1043, 1019, 1038, 1039.
- F 3) a) 1034, 1017, 1002, 1035, 1008, 1028, 1021.
 b) 1024, 1027, 1005.
 c) 1029, 1042, 1041, 1025, 1020, 1045.

Puesto que en la subfamilia 2a del dendrograma 4 están - agrupadas las 3a y 3b del dendrograma 3 manteniéndose el resto igual en ambas agrupaciones, adoptaremos como válida la correspondiente a V.6.4.

De la observación de los dendrogramas V.6.5 y 6 en los que se representa la agrupación ponderada e imponderada de los datos - transformados mediante la función $y = \arcsen(x)$ deducimos las siguientes familias:

Del dendrograma nº V.6.5.

- F 1) 1026, 1046, 1047, 1014, 1009, 1001, 1004.
 F 2) 1029, 1012, 1003, 1011, 1010, 1036, 1042, 1005, 1013, 1006.
 F 3) 1016, 1027, 1018, 1025, 1041, 1019, 1040, 1023, 1048, 1033.
 F 4) 1030, 1031, 1037, 1007, 1044, 1002, 1035.
 F 5) 1020, 1045, 1038, 1039.
 F 6) 1034, 1028, 1017, 1024, 1008, 1021

En el dendrograma V.6.6. vemos que la diferenciación es semejante y las agrupaciones se mantienen sin que pueda observarse otro efecto que una mayor nitidez entre grupos y subgrupos.

Verificando las semejanzas entre las dos agrupaciones decidimos que la expuesta primeramente es suficientemente buena.

Si analizamos las diferenciaciones efectuadas con los datos originales y los datos transformados con las funciones $y = \ln(x)$ e $y = \arcsin(x)$, vemos que hay muestras que se mantienen relacionadas en las tres transformaciones. Estas muestras las podemos considerar como constituyentes fundamentales de las familias ó agrupaciones, a las cuales deben definir.

Según esto, las agrupaciones estarían constituidas, por:

F 1: 1027, 1024, 1023, 1016, 1035.

F 2: 1047, 1001, 1004.

F 3: 1025, 1042, 1045, 1029, 1005, 1048, 1003, 1011, 1012, 1010.

F 4: a) 1007, 1031, 1036.
b) 1013, 1030, 1037.

F 5: a) 1002, 1008, 1017, 1028, 1034.
b) 1018, 1019, 1040, 1044.

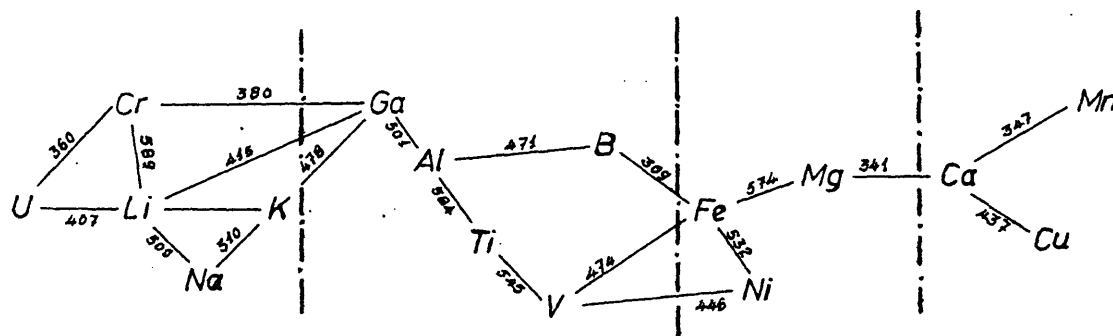
V.6.3. CORRELACION ENTRE PARAMETROS

Transmutando la matriz podemos efectuar una correlación entre variables para observar como se influncian unas con otras en el universo muestral. Así se ha hecho utilizando el coeficiente de Pearson y sin ponderar las muestras, aplicándolo tanto a los datos sin transformar como transformados mediante las funciones,

$$\log_2, \log_{10}, \log_e, \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, y = \arcsin(x)$$

Los resultados obtenidos deducidos a partir de la matriz de coeficientes de asociación, podremos visualizarlos mediante representaciones gráficas, y así tendremos:

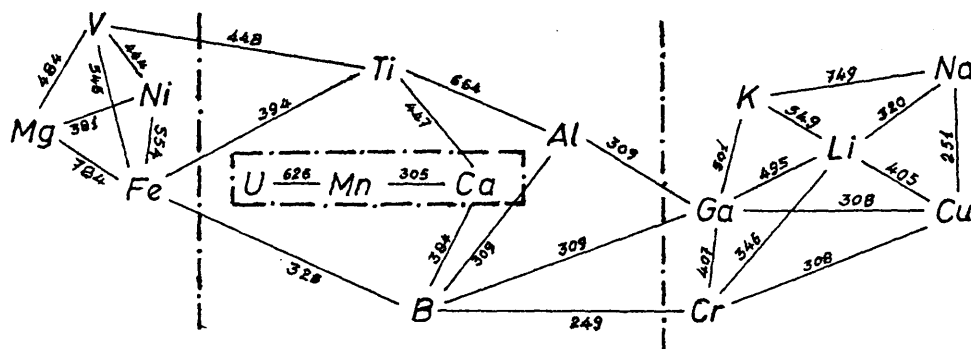
1) Datos originales:



Y podríamos diferenciar cuatro vectores:

- a) Na, K, Li, Cr, U.
- b) Al, Ti, V, Ga, Ba.
- c) Fe, Mg, Ni.
- d) Ca, Cu, Mn.

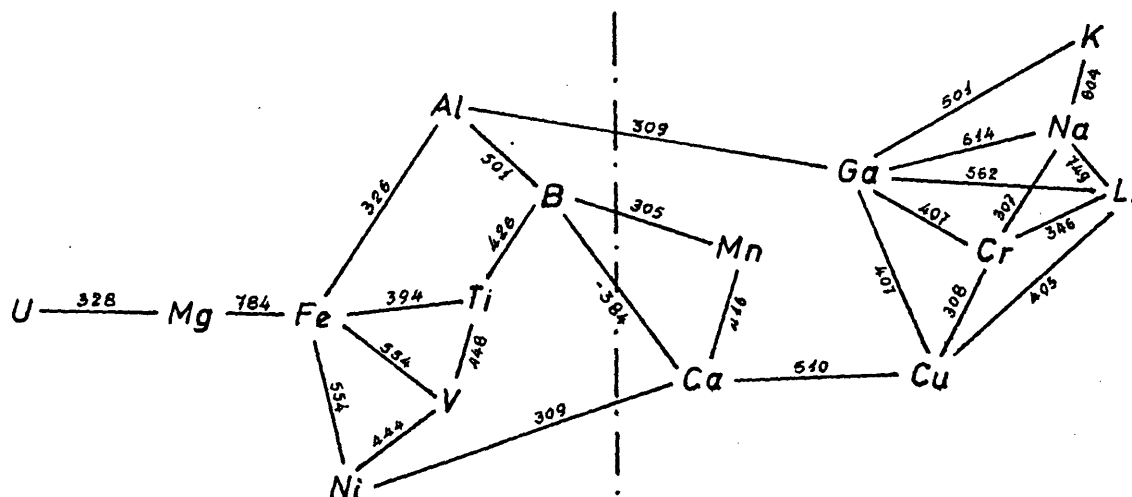
2) Transformación $y = \log_2(x)$



Y análogamente, podemos diferenciar los vectores

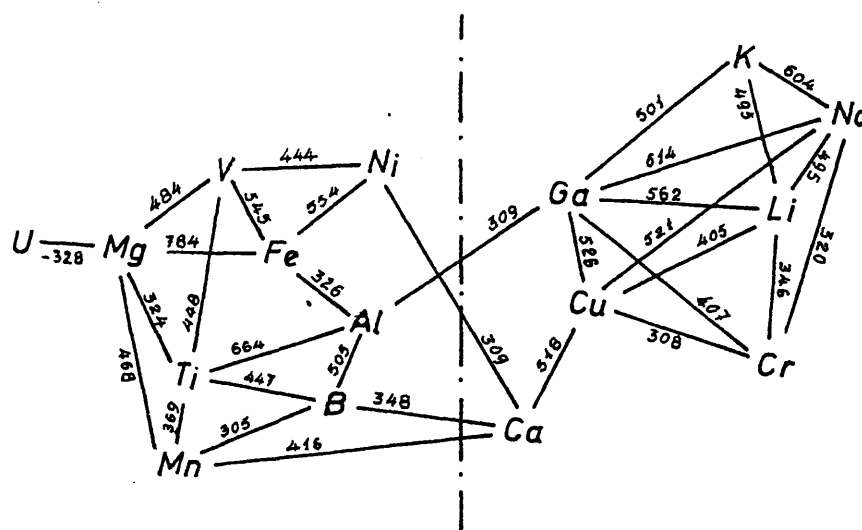
- a) Na, K, Li, Cr, Cu, Ga.
- b) Al, Ti, B.
- c) Fe, Ni, Mg, V.
- d) Ca, Mn, U.

3) Transformación $y = \log_{10}(x)$



En este caso, sólo pueden diferenciarse dos vectores

- a) Fe, Mg, Ni, V, Ti, B, Al, U.
- b) Na, K, Li, Cr, Cu, Ga, Ca, Mn.

4) Transformación $y = \ln(x)$.

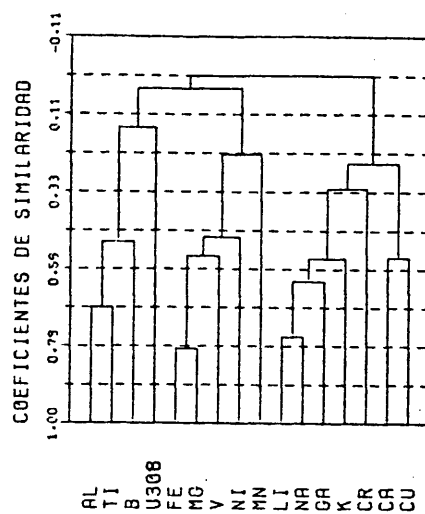
Y según el diagrama, vemos que sólo pueden diferenciarse - dos vectores:

- a) Fe, Mg, Ni, Mn, V, Ti, B, Al, U.
- b) Na, K, Li, Cr, Cu, Ga, Ca.

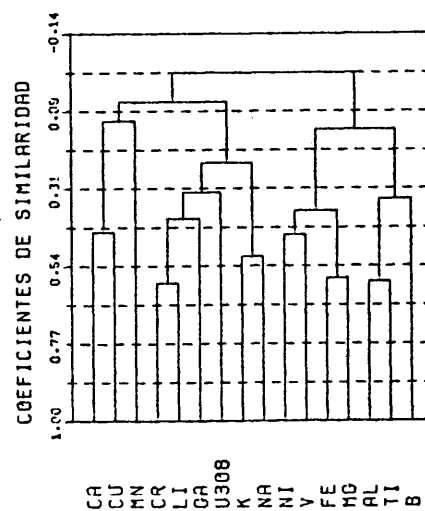
5) Transformación $y = x - x_{\max} / x_{\max} - x_{\min}$.

El diagrama es idéntico al de los datos originales, cosa - que era de esperar, pues lo único que hace la transformación es agrupar los datos en intervalos de menor amplitud. Por tanto, - la distribución de los parámetros en vectores será también análoga.

DENDROGRAMA NUMERO V.6.8.
 LOBO-PEDREGAL
 CORRELACION DE PEARSON
 TRANS L00 2
 AGRUP.IMPOND. DE: VARIABLES
 ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.7.
 LOBO-PEDREGAL
 CORRELACION DE PEARSON
 AGRUP.IMPOND. DE: VARIABLES
 ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.9.

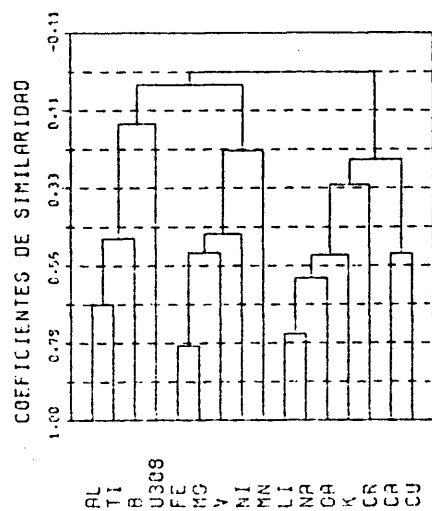
LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE PEARSON

TRANS LOG 10

AGRUP.IMPOND. DE: VARIABLES

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.10.

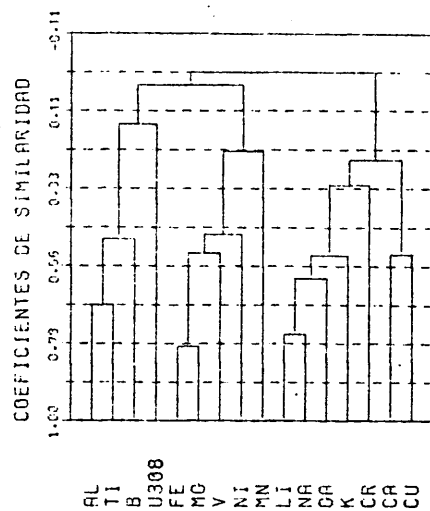
LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE PEARSON

TRANS LOG E

AGRUP.IMPOND. DE: VARIABLES

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.11.

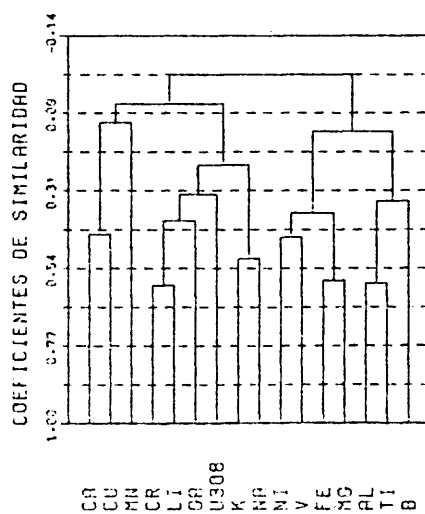
LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE PEARSON

TRANS X-M/DF

AGROP.IMPOND. DE. VARIABLES

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.12.

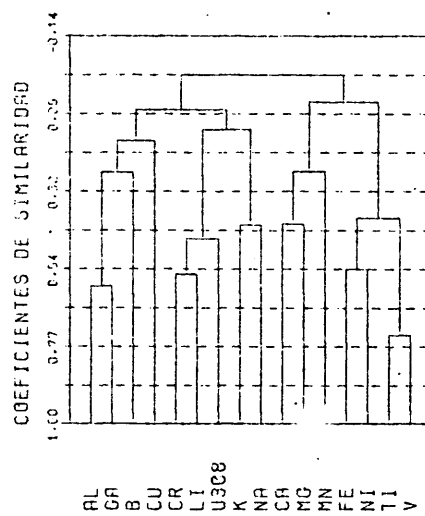
LOBO-PEDREGAL

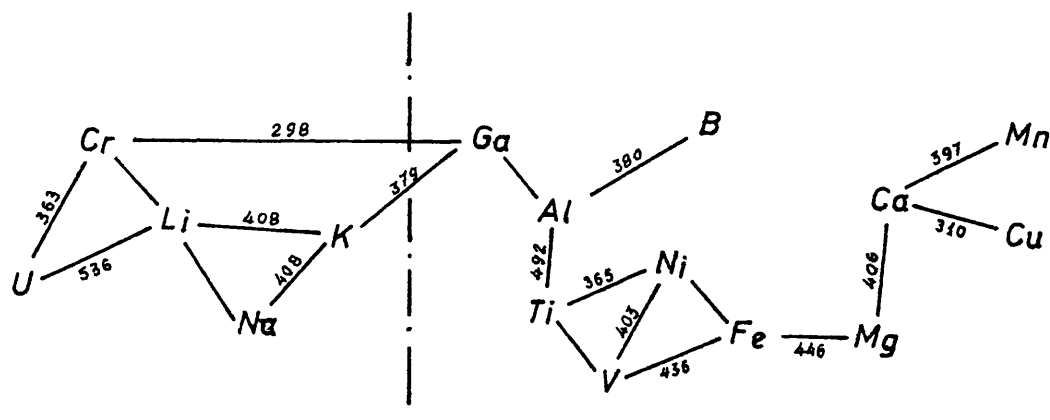
CORRELACION DE PEARSON

TRANS ARSN X

AGROP.IMPOND. DE. VARIABLES

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



6) Transformación $y = \arcsen(x)$.

El sistema se puede asimilar a dos vectores:

a) Na, K, Li, Cr, U.

b) Al, Ga, Ti, Ni, V, Fe, Mg, Ca, B, Mn, Cu.

Los dendrogramas correspondientes son los comprendidos entre V.6.7. y V.6.12.

V.6.4. DECISION SOBRE EL OPTIMO DE LAS AGRUPACIONES MUESTRALES

Como en este trabajo tratamos fundamentalmente de encontrar los parámetros reguladores de la acumulación del uranio, vamos a efectuar un estudio de la variación del contenido en U_3O_8 en cada una de las familias obtenidas en los diversos tratamientos dados por GECLUP. De este modo, tenemos:

1) Para datos originales:

	Ref. U_3O_8
F 1:	1016 - 0.830
	1027 - 0.302
	1023 - 0.065
	1035 - 0.039
	1024 - 0.058

$$\mu = 0.2588$$

$$\sigma = 0.3370$$

$$\text{Coef. variac.} = 1.30$$

	Ref.	U ₃ O ₈
F 2:	1006	- 0.580
	1047	- 0.163
	1001	- 0.148
	1004	- 1.670

$$\mu = 0.6402$$

$$\sigma = 0.7150$$

$$\text{Coef. variac.} = 1.11$$

F 3:	1010	- 0.009
	1003	- 0.057
	1012	- 0.560
	1001	- 0.238
	1048	- 0.100
	1025	- 0.006
	1042	- 0.005
	1005	- 0.228
	1045	- 0.024
	1029	- 0.010

$$\mu = 0.1237$$

$$\sigma = 0.1774$$

$$\text{Coef. variac.} = 1.43$$

F 4:	1036	- 0.011
	1013	- 0.160
	1041	- 0.016
	1007	- 0.013
	1014	- 0.187
	1031	- 0.027
	1046	- 0.067
	1030	- 0.227
	1037	- 0.314

$$\mu = 0.1246$$

$$\sigma = 0.1244$$

$$\text{Coef. variac.} = 0.99$$

	Ref.	U ₃ O ₈
F 5:	1034	- 0.013
	1002	- 0.158
	1008	- 0.011
	1040	- 0.006
	1017	- 0.103
	1018	- 0.009
	1026	- 0.150
	1044	- 0.004
	1019	- 0.009
	1028	- 0.030
	1038	- 0.004

$$\mu = 0.0451$$

$$\sigma = 0.0685$$

$$\text{Coef. variac.} = 1.34$$

2) Para datos transformados mediante $y = \ln(x)$.

F 1:	a)	1001	- 0.148
		1026	- 0.150
		1014	- 0.287
		1011	- 0.238
		1012	- 0.560
		1016	- 0.830
		1004	- 1.670

$$\mu = 0.5547$$

$$\sigma = 0.5508$$

$$\text{Coef. variac.} = 0.993$$

b)	1006	- 0.580
	1033	- 0.190
	1030	- 0.227
	1037	- 0.314
	1013	- 0.160

$$\mu = 0.2942$$

$$\sigma = 0.1698$$

$$\text{Coef. variac.} = 0.577$$

F 2: a) 1010 - 0.009
 1036 - 0.011
 1007 - 0.013
 1031 - 0.027
 1009 - 0.005
 1044 - 0.004
 1018 - 0.009
 1003 - 0.057
 1047 - 0.163
 1048 - 0.100
 1023 - 0.065
 1046 - 0.067
 1040 - 0.006

$$\mu = 0.04123$$

$$\sigma = 0.04803$$

$$\text{Coef. variac.} = 1.1165$$

b) 1043 - 0.002
 1019 - 0.009
 1038 - 0.004
 1039 - 0.012

$$\mu = 0.00675$$

$$\sigma = 0.00457$$

$$\text{Coef. variac.} = 0.682$$

F 3: a) 1034 - 0.013
 1017 - 0.103
 1002 - 0.158
 1035 - 0.039
 1008 - 0.011
 1028 - 0.030
 1021 - 0.003

$$\mu = 0.051$$

$$\sigma = 0.0578$$

$$\text{Coef. variac.} = 1.1345$$

b) 1024 - 0.058
 1027 - 0.302
 1005 - 0.228

$$\mu = 0.196$$

$$\sigma = 0.125$$

$$\text{Coef. variac.} = 0.6383$$

c) 1029 - 0.010
 1042 - 0.005
 1041 - 0.016
 1025 - 0.006
 1020 - 0.004
 1045 - 0.024

$$\mu = 0.0108$$

$$\sigma = 0.0078$$

$$\text{Coef. variac.} = 0.723$$

3) Para datos transformados mediante $y = \arcsen(x)$.

Ref. U_{30g}
 F 1: 1026 - 0.150
 1046 - 0.067
 1047 - 0.163
 1014 - 0.287
 1009 - 0.005
 1001 - 0.148
 1004 - 1.670

$$\mu = 0.3557$$

$$\sigma = 0.5860$$

$$\text{Coef. variac.} = 1.647$$

F 2: 1029 - 0.010
 1012 - 0.56
 1003 - 0.057
 1011 - 0.238
 1010 - 0.009
 1036 - 0.011
 1042 - 0.005
 1005 - 0.228
 1013 - 0.160
 1006 - 0.580

$$\mu = 0.1857$$

$$\sigma = 0.2217$$

$$\text{Coef. variac.} = 1.1935$$

Ref. U_3O_8
 F 3: 1016 - 0.830
 1027 - 0.302
 1018 - 0.009
 1025 - 0.006
 1041 - 0.016
 1019 - 0.009
 1040 - 0.006
 1023 - 0.065
 1048 - 0.100
 1033 - 0.190

$$\mu = 0.1533$$

$$\sigma = 0.2573$$

$$\text{Coef. variac.} = 1.678$$

F 4: 1030 - 0.227
 1031 - 0.027
 1037 - 0.314
 1007 - 0.013
 1044 - 0.004
 1002 - 0.185
 1035 - 0.039

$$\mu = 0.1117$$

$$\sigma = 0.1225$$

$$\text{Coef. variac.} = 1.097$$

F 5: 1034 - 0.013
 1028 - 0.030
 1017 - 0.103
 1024 - 0.058
 1008 - 0.011
 1017 - 0.003

$$\mu = 0.036$$

$$\sigma = 0.038$$

$$\text{Coef. variac.} = 1.048$$

F 6: 1020 - 0.004
 1045 - 0.024
 1038 - 0.004
 1039 - 0.012

$$\mu = 0.011$$

$$\sigma = 0.0094$$

$$\text{Coef. variac.} = 0.8592$$

Para las agrupaciones definitivas, realizadas con la -
combinación de todos los grupos anterioresm sería:

	Ref. U_3O_8	
F 1:	1027 - 0.302	
	1024 - 0.058	
	1023 - 0.065	$\mu = 0.2588$
	1016 - 0.830	$\sigma = 0.337$
	1035 - 0.039	Coef. variac. = 1.302
F 2:	1047 - 0.163	
	1001 - 0.148	$\mu = 0.66$
	1004 - 1.670	$\sigma = 0.87$
		Coef. variac. = 1.324
F 3:	1025 - 0.006	
	1042 - 0.005	
	1045 - 0.024	
	1029 - 0.010	$\mu = 0.123$
	1005 - 0.228	$\sigma = 0.177$
	1048 - 0.100	Coef. variac. = 1.434
	1003 - 0.057	
	1011 - 0.238	
	1012 - 0.560	
	1010 - 0.009	
F 4:	a) 1007 - 0.013	
	1031 - 0.027	$\mu = 0.017$
	1036 - 0.011	$\sigma = 0.0087$
		Coef. variac. = 0.51
	b) 1013 - 0.160	
	1030 - 0.227	$\mu = 0.233$
	1037 - 0.314	$\sigma = 0.0772$
		Coef. variac. = 0.33

		Ref. U_3O_8	
F 5:	a)	1002 - 0.185	
		1008 - 0.011	$\mu = 0.063$
		1017 - 0.103	$\sigma = 0.065$
		1028 - 0.030	Coef. variac. = 1.03
		1034 - 0.013	
	b)	1010 - 0.009	$\mu = 0.007$
		1019 - 0.009	$\sigma = 0.0024$
		1040 - 0.006	Coef. variac. = 0.349
		1044 - 0.004	

Considerando exclusivamente al parámetro uranio tal como - hemos indicado y observando la dispersión dada por el coeficiente de variación medio en cada agrupación, tanto para los datos originales como para las transformaciones y para la que hemos - considerado como resumen de todas ellas, tenemos que:

Coef. de var. medio para datos originales	.	.	.	.	.	1.234
" " " " $y = \ln(x)$	.	.	.	.	.	0.8446
" " " " $y = \arcsin(x)$	.	.	.	.	.	1.33
" " " " resumen familias	.	.	.	.	.	0.897

Y atendiendo específicamente a la mejor definición del uranio debemos escoger como óptima la clasificación ó agrupación proporcionada por los datos transformados mediante la función, - $y = \ln(x)$. Esta transformación nos dá un total de 3 familias, con 7 subfamilias de las cuales aparecen bien definidas las F1a, F1b, F2b, F3b, y F3c, quedando más aleatorias las F2a y F3a.

Ordenando las agrupaciones obtenidas con la transformación $y = \ln(x)$, de acuerdo con su contenido medio en uranio, tenemos:

	μ	σ/μ
F1a	0.5547	0.993
F1b	0.2942	0.577
F3b	0.196	0.638
F3a	0.051	1.134
F2a	0.041	1.165
F3c	0.0108	0.723
F2b	0.0067	0.682

Y de acuerdo con ésto, podemos asegurar que tanto las agrupaciones caracterizadas por su alto contenido en U_3O_8 como las de muy bajo están muy bien definidas respecto al coeficiente de variación, es decir, son muy homogéneas en cuanto al parámetro - Uranio en las muestras que componen cada grupo.

V.6.5. CALCULOS DE RELACION URANIO/RESTO DE PARAMETROS

Con el fin de determinar las posibilidad de que el uranio - presente una relación con alguno de los elementos analizados, - que se mantenga constante en todas las agrupaciones, se ha estudiado la existencia de unos índices tales como U_3O_8 / X , siendo X cada uno de los parámetros.

Para ello utilizamos el programa GESTAD, con el cual hemos obtenido la tabla V.6.1, referida a las familias $y = \ln(x)$

RELACIONES U_3O_8 / X

	F 1a	F 1b	F 2a	F 2b	F 3a	F 3b	F 3c	μ	σ	μ/σ
U_3O_8/Al	0.055	0.035	0.003	0.001	0.004	0.022	0.001	0.017	0.021	0.809
B	17.26	6.26	0.564	0.818	0.626	4.900	0.382	4.40	6.151	0.7155
Ca	1.867	1.008	0.101	0.009	0.324	1.278	0.018	0.657	0.732	0.898
Cr	11.77	15.99	1.276	0.264	4.354	10.69	0.747	6.441	6.314	1.020
Cu	32.63	13.50	1.978	0.415	51.00	65.33	0.902	23.679	26.444	0.895
Fe	0.102	0.070	0.006	0.0007	0.003	0.042	0.002	0.032	0.040	0.806
Ga	38.45	40.86	3.063	1.286	51.00	49.00	1.912	26.510	23.256	1.139
K	0.228	0.158	0.013	0.002	0.030	0.168	0.012	0.087	0.094	0.928
Li	2.219	2.627	0.207	0.033	0.673	3.920	0.132	1.401	1.525	0.919
Mg	1.412	0.668	0.044	0.001	0.025	0.653	0.018	0.403	0.537	0.750
Mn	77.66	31.98	1.055	0.023	0.502	28.00	0.276	19.928	29.038	0.686
Na	0.719	0.795	0.059	0.003	51.00	196.00	10.83	37.058	72.482	0.511
Ni	23.82	52.54	2.565	0.380	2.028	8.776	0.928	13.005	19.289	0.674
Ti	0.562	0.408	0.045	0.024	0.039	0.178	0.016	0.181	0.218	0.833
V	15.85	7.355	0.558	0.167	0.292	3.36	0.351	3.990	5.855	0.68

TABLA V.6.1.

Suponiendo que el U_3O_8 estuviera correlacionado con un determinado parámetro, el índice U/X debería de ser semejante en todas las agrupaciones, con lo que σ_{total} debería ser muy pequeña, al igual que μ/σ . Como vemos que ésto no ocurre, podemos deducir:

- a) El U no está correlacionado con ninguno de estos parámetros por separado.
- b) Las familias no se separan de acuerdo con un sólo parámetro, sino con el conjunto de todos ellos.
- c) El U, aparentemente, es independiente de la composición química de las rocas.

V.6.6. CALCULOS DE INTERDEPENDENCIAS PARAMETRICAS EN EL UNIVERSO MUESTRAL.

Vamos a tratar ahora de determinar los coeficientes de correlación y las posibles rectas de regresión que establecen la correspondencia entre todos y cada uno de los parámetros, considerando que los datos originales constituyen una población muestral homogénea. Para ello, hacemos uso del programa GETRES.

Como resultado del programa se obtiene el cuadro V.6.2. en el que representamos los valores de los coeficientes de correlación, los valores sucesivos encontrados para la F con el número de parámetros que se consideran válidos en su cálculo y por tanto número de orden de entradas de cada parámetro en la ecuación de la recta de regresión y el error estándar que se alcanza con los datos que corresponderían a la ecuación de la recta de regresión calculada.

Table 5.6.2.

[illegible]

La ecuación final, correspondiente a la recta de regresión, se ha decidido de acuerdo con los valores de F obtenidos, eliminando aquéllos parámetros que hacen que al ser incluidos en la ecuación se obtenga $F_{\text{ecuac.}} < F_{(95)}$, es decir, adoptando como límite una probabilidad del 95%.

Observando las ecuaciones y colocando los parámetros en el orden en que son incluidos por el programa con el signo correspondiente, podemos decir:

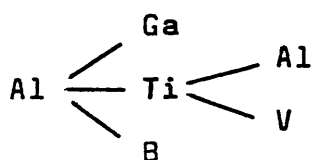
$$\begin{aligned} \text{U}_3\text{O}_8 &= f (\text{Li}, - \text{K}, - \text{Mn}). \\ \text{Al} &= f (\text{T}, \text{Ga}, \text{B}, - \text{Li}, \text{Cu}, \text{Fe}, - \text{Ni}). \\ \text{B} &= f (\text{Al}, \text{Fe}, - \text{No}, - \text{Mg}, \text{K}, - \text{Mn}). \\ \text{Ca} &= f (\text{Cu}, \text{Mn}, - \text{Ti}, \text{Mg}, \text{Ga}, - \text{Kn}) \\ \text{Cr} &= f (\text{Li}, - \text{Na}, - \text{V}, \text{Ti}). \\ \text{Cu} &= f (\text{Ca}, - \text{Mn}, \text{Ti}, \text{Cr}). \\ \text{Fe} &= f (\text{Mg}, \text{Ni}, \text{B}, - \text{Cu}, \text{Al}, \text{Mn}). \\ \text{Ga} &= f (\text{Al}, \text{Li}, - \text{Fe}). \\ \text{K} &= f (\text{Li}, \text{Na}, \text{B}, \text{Ga} - \text{U}_3\text{O}_8 \\ \text{Li} &= f (\text{Cr}, \text{Na}, \text{U}_3\text{O}_8, \text{Ca}, \text{Ni}). \\ \text{Mg} &= f (\text{Fe}, \text{Ca}, - \text{B}, - \text{Ga}, \text{K}, \text{Cu}). \\ \text{Mn} &= f (\text{Ca}, - \text{Cu}, \text{Na}, \text{Fe}). \\ \text{Na} &= f (\text{K}, - \text{Al}, \text{Li}, - \text{Ni}, - \text{Cr}). \\ \text{Ni} &= f (\text{Fe}, - \text{B}, \text{U}_3\text{O}_8, \text{V}, \text{Li}, - \text{Na}). \\ \text{V} &= f (\text{Ti}, \text{Fe}, \text{o Cr}, \text{Ni}, \text{K}, - \text{Ga}). \end{aligned}$$

Estos 16 parámetros estarán regulados de alguna forma por la geoquímica y termodinámica para constituir agrupaciones que puedan ser consideradas de forma independiente; para tratar de determinar estas relaciones, vamos a hacer un somero análisis -

vectorial, comenzando por los elementos mayores, que consideramos a priori condicionantes de la presencia de los demás.

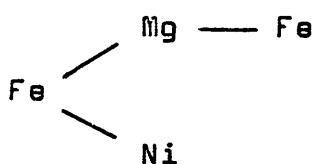
Así, el Aluminio, aparece como principal parámetro condicionante de B, Ga y Ti. A su vez, el Ti aparece como principal en Al y V, mientras que B y Ga no aparecen en primer lugar para ningún otro elemento, al igual que sucede con V. Por tanto, podríamos definir como vector independiente al constituido por: Al, B, Ga, Ti, V.

Esquemáticamente, podríamos representar lo anterior de acuerdo con el gráfico



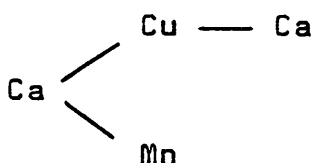
Al, Ti, Ga, B, V.

Si adoptamos ahora como elemento representativo al Fe, obtenemos:



Fe, Mg, Ni.

Para el Ca, será:



Ca, Cu, Mn.

Para el Li, tenemos:



De este modo, podemos decir que el espacio muestral queda -
definido por los cuatro vectores,

1): Al, Ti, Ga, B, V.

2): Fe, Mg, Ni.

3): Ca, Cu, Mn.

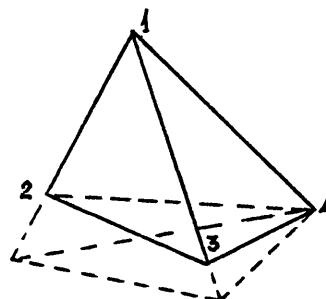
4): K, Na, Li, Cr, U_3O_8

Y en dicho espacio deben tener representación cada una de
las muestras.

Las posiciones de los ejes del espacio 4 dimensional, vendrán condicionadas por las interacciones ó dependencias entre los parámetros que constituyen los vectores direccionales. Así, vemos que el Aluminio condiciona la presencia de Fe y no de Ca y K, - luego el vector 2 estará más próximo al 1 que del 3 y del 4. El Mg, presente en el vector 2 aparece asimismo en la definición - del Ca \in 3, y no en la de K; luego 2 estará más próximo de 3 que de 4. Observando la composición de 3, tenemos que Cu \in Al y Cu \in 4, luego estará más próximo a 1 que a 4. Por otra parte, los componentes del vector 4 sólo aparecen ligeramente relacionados con el vector 1 a través de la definición del Al mediante - Li, por lo que podemos considerar que éste cuarto vector es independiente de los demás.

Como representación de todo ésto, podemos imaginar un tetraedro irregular cuyos vértices están ocupados por los vectores:

- 1: Al, Ti, Ga, B, V.
- 2: Fe, Mg, Ni.
- 3: Ca, Cu, Mn.
- 4: K, Na, Li, Cr, U_3O_8



Realmente, los resultados obtenidos tras el estudio de - GETRES son simplemente orientativos y adoptan caracteres de condiciones generales, pues no debemos olvidar que las muestras que han sido utilizadas en el análisis corresponden al universo muestral sin que se haya hecho en todo este tratamiento una previa - selección de poblaciones.

Así, vemos que en cada vector se asocian elementos que se adaptan en rasgos generales a las leyes de la valencia, afinidad geoquímica, volúmen atómico, etc., sin que aparezcan variaciones singularizadas por flujos específicos termodinámicos, tectónicos ó ambientales.

El estudio de las poblaciones por separado se efectuará en los siguientes apartados.

Adoptando definitivamente como la mejor de entre todas las - que tenemos disponibles la agrupación obtenida con los datos - transformados mediante la función matemática $y = \ln(x)$, pasaremos ahora a efectuar el análisis de los coeficientes de correlación y el cálculo de las rectas de regresión para cada parámetro respecto a todos los demás para el total del universo muestral. Este estudio lo haremos como en el caso anterior, mediante el programa GETRES.

La matriz de coeficientes de correlación es la presentada en la tabla V.6.3.

TABLA V.6.3.

	Al	B	Ca	Cr	Cu	Fe	Ga	K	Li	Mg	Mn	Na	Ni	Ti	V
U ₃ O ₈	.04	.15	-.19	.22	.20	-.06	.16	.05	.14	-.32	-.62	.17	.12	.22	.09
Al		.50	.04	.24	.18	.32	.30	.10	-.10	.22	.11	-.11	.02	.66	.27
B			-.34	.10	-.17	.04	.07	.16	-.12	-.10	-.30	.15	-.18	.44	.14
Ca				.03	.51	.12	.22	-.08	.27	.28	.41	.15	.30	-.15	.09
Cr					.30	.03	.40	.19	.34	-.09	-.00	.31	.10	.13	.00
Cu						-.03	.52	.08	.40	.05	-.01	.52	.09	.07	-.09
Fe							-.17	-.01	-.09	.78	.24	-.24	.55	.39	.54
Ga								.50	.56	-.29	-.13	.61	-.10	.02	-.21
K									.45	-.06	-.02	.60	-.17	-.03	.02
Li										-.11	.07	.74	.07	-.15	-.20
Mg											.46	-.22	.38	.34	.48
Mn												-.08	.11	-.36	.04
Na													-.21	-.23	-.26
Ni														.21	.44
Ti															.44

Las ecuaciones de las rectas de regresión obtenidas, son:

$$1) V = - 4.222524 + 0.69873 \text{ Fe} + 0.35067 \text{ Ti}$$

$$F = 4.2410$$

$$\text{Con E.s.} = 0.799719 \quad (\text{E.s. datos} = 0.9742).$$

$$2) \text{U}_3\text{O}_8 = - 3.964140 - 0.82103 \text{ Mn} + 0.26411 \text{ Cr} + 0.28332 \text{ Ni}$$

$$F = 2.5198$$

$$\text{E.s.} = 1.3308 \quad (\text{E.s. datos} = 1.7678).$$

$$3) \text{ Al} = 3.354180 + 0.3114 \text{ Ti} + 0.14993 \text{ Ga} + 0.8293 \text{ B} + 0.07397 \text{ Mn} \\ - 0.16015 \text{ Li.}$$

$$F = 4.6621$$

$$\text{E.s.} = 0.2500 \quad (\text{E.s. datos} = 0.4016)$$

$$4) \text{ B} = - 7.505223 + 1.54717 \text{ Al} - 0.5027 \text{ Ca}$$

$$F = 9.6343$$

$$\text{E.s.} = 0.977164 \quad (\text{E.s. datos} = 1.1956)$$

$$5) \text{ Ca} = 2.046961 + 0.3228 \text{ Cu} + 0.25602 \text{ Mn} + 0.16571 \text{ Ni}$$

$$F = 3.5398$$

$$\text{E.s.} = 0.657146 \quad (\text{E.s. datos} = 0.8901)$$

$$6) \text{ Cr} = - 1.744908 + 0.45573 \text{ Ga}$$

$$F = 8.538756$$

$$\text{E.s.} = 1.2527 \quad (\text{E.s. datos} = 1.3558)$$

$$7) \text{ Cu} = - 1.390527 + 0.29187 \text{ Ga} + 0.59840 \text{ Ca} + 0.25357 \text{ Na} - \\ - 0.75422 \text{ K} + 0.45686 \text{ Ti.}$$

$$F = 5.7395$$

$$\text{E.s.} = 0.9080 \quad (\text{E.s. datos} = 1.3899)$$

$$8) \text{ Fe} = 2.226098 + 0.44452 \text{ Mg} + 0.19186 \text{ Ni} + 0.2708 \text{ B} - \\ - 0.11481 \text{ Ca} + 0.22808 \text{ Al.}$$

$$F = 2.2626$$

$$\text{E.s.} = 0.3231 \quad (\text{E.s. datos} = 0.6108)$$

$$9) \text{ Ga} = 5.702794 + 0.02983 \text{ Na} + 1.02266 \text{ Al} - 0.46947 \text{ Mg} + \\ + 0.1575 \text{ Ca} + 0.51961 \text{ K} + 0.22477 \text{ Cu} + 0.46673 \text{ Li}$$

$$F = 2.6245$$

$$\text{E.s.} = 0.7356 \quad (\text{E.s. datos} = 1.2109)$$

$$10) K = 0.774884 + 0.1457 \text{ Na} - 0.20639 \text{ Cu} + 0.19322 \text{ Al} + \\ + 0.15745 \text{ Ga} + 0.13195 \text{ V}.$$

$$F = 3.018607$$

$$E.s. = 0.447584 \quad (E.s. \text{ datos} = 0.6379)$$

$$11) Li = 1.007327 + 0.16156 \text{ Na} + 0.13846 \text{ Ni}$$

$$F = 6.4655$$

$$E.s. = 0.4015 \quad (E.s. \text{ datos} = 0.6361)$$

$$12) Mg = 1.655879 - 0.85140 \text{ Fe} + 0.18368 \text{ Mn} + 0.29865 \text{ Ti} - \\ - 0.19546 \text{ Ga} + 0.14960 \text{ Cu} - 0.09170 \text{ U}_3\text{O}_8$$

$$F = 3.3978$$

$$E.s. = 0.4343 \quad (E.s. \text{ datos} = 0.9172)$$

$$13) Mn = - 3.741020 - 0.30057 \text{ U}_3\text{O}_8 + 0.20548 \text{ Ca} + 0.71993 \text{ Mg} - \\ - 0.81230 \text{ Ti} + 0.18547 \text{ Cr}.$$

$$F = 3.7053$$

$$E.s. = 0.8314 \quad (E.s. \text{ datos} = 1.3872)$$

$$14) Na = 5.060559 + 2.18759 \text{ Li} + 1.72788 \text{ K} + 0.82973 \text{ Cu} - \\ - 0.61237 \text{ Ni} - 1.30407 \text{ Al}.$$

$$F = 4.6489$$

$$E.s. = 1.5130 \quad (E.s. \text{ datos} = 3.1604)$$

$$15) Ni = 3.183665 + 0.96990 \text{ Fe} + 0.36114 \text{ Ca} + 0.16492 \text{ U}_3\text{O}_8 - \\ - 0.53637 \text{ Al} - 0.15475 \text{ Na} + 0.55067 \text{ Li}.$$

$$F = 3.0006$$

$$E.s. = 0.8489 \quad (E.s. \text{ datos} = 1.1386).$$

$$16) \text{ Ti} = - 3.128714 + 0.92828 \text{ Al} - 0.31246 \text{ Mn} + 0.38486 \text{ Mg} - \\ - 0.06686 \text{ Na} + 0.23633 \text{ Li}.$$

$$F = 2.2428$$

$$E.s. = 0.4318$$

$$(E.s. \text{ datos} = 0.7701)$$

Y de la observación de las ecuaciones podemos obtener una relación entre parámetros de la siguiente forma:

$$V = f(\text{Fe}, \text{Ti})$$

$$\text{U}_3\text{O}_8 = f(-\text{Mn}, \text{Cr}, \text{Ni})$$

$$\text{Al} = f(\text{Ti}, \text{Ga}, \text{B}, \text{Mn}, -\text{Li})$$

$$\text{B} = f(\text{Al}, -\text{Ca})$$

$$\text{Ca} = f(\text{Cu}, \text{Mn}, \text{Ni})$$

$$\text{Cr} = f(\text{Ga})$$

$$\text{Cu} = f(\text{Ga}, \text{Ca}, \text{Na}, -\text{K}, \text{Ti})$$

$$\text{Fe} = f(\text{Mn}, \text{Ni}, \text{B}, -\text{Ca}, \text{Al})$$

$$\text{Ga} = f(\text{Na}, -\text{Cu}, \text{Al})$$

$$\text{K} = f(\text{Na}, -\text{Cu}, \text{Al}, \text{Ga}, \text{V})$$

$$\text{Li} = f(\text{Na}, \text{Ni})$$

$$\text{Mg} = f(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ti}, -\text{Ga}, \text{Cu}, -\text{U}_3\text{O}_8)$$

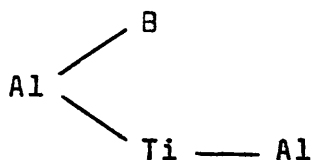
$$\text{Mn} = f(-\text{U}_3\text{O}_8, -\text{Ca}, -\text{Mg}, -\text{Ti}, \text{Cr})$$

$$\text{Na} = f(\text{Li}, \text{K}, \text{Cu}, -\text{Ni}, -\text{Al})$$

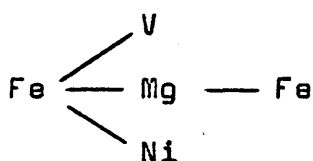
$$\text{Ni} = f(\text{Fe}, \text{Ca}, \text{U}_3\text{O}_8, -\text{Al}, -\text{Na}, \text{Li})$$

$$\text{Ti} = f(\text{Al}, -\text{Mn}, \text{Mg}, -\text{Na}, \text{Li})$$

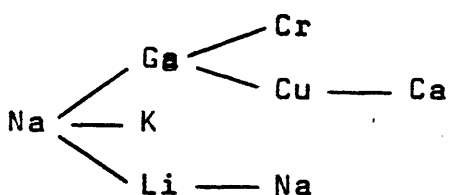
Al intentar efectuar un análisis vectorial de la agrupación obtenemos:



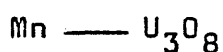
Al, B, Ti



Fe, Mg, V, Ni



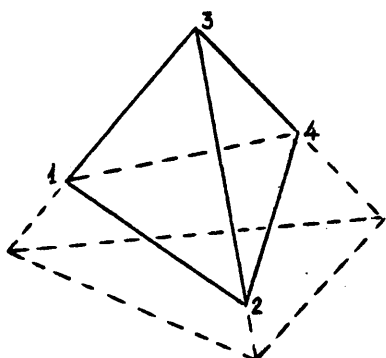
Na, K, Li, Ga, Cr, Cu, Ca



Mn - U₃O₈

Si tratamos de hacer una representación volumétrica de estas relaciones tenemos que el vector 1 está más asociado con el 2, -

el 2 con el 1, el 3 está prácticamente igual asociado con 1 y 2, y 4 está regulado por 3 y 2.



De este modo, una representación espacial podría aventurarse con un tetraedro semejante al de la figura.

V.6.7. CALCULO DE IDENTIDAD/DIFERENCIACION ENTRE AGRUPACIONES

En los apartados siguientes trataremos, mediante un análisis estadístico con el discriminante multivariante, deducir:

- a) Cuánto se diferencian (ó se parecen) las agrupaciones muestrales adoptadas como mejores.
- b) Qué parámetros son los que realmente diferencian cada familia.
- c) Cuál es el aporte real de cada parámetro al discriminante.

Para ello, utilizaremos el programa GECYS, aplicándolo a las familias obtenidas, como ya hemos dicho, con la transformación $y = \ln(x)$.

Recordemos que estas familias están constituidas por las siguiente muestras:

Fam. 1: 1001, 1026, 1014, 1011, 1012, 1016, 1004.

Fa. 2: 1006, 1033, 1030, 1037, 1013.

Fam. 3: 1010, 1036, 1007, 1031, 1009, 1044, 1018, 1003, 1047, 1048, 1023, 1046, 1040.

Fam. 4: 1043, 1019, 1038, 1039.

Fam. 5: 1034, 1017, 1002, 1035, 1008, 1028, 1021.

Fam. 6: 1024, 1027, 1005.

Fam. 7: 1029, 1042, 1041, 1025, 1020, 1045.

No existen muestras sin ordenar.

El exiguo número de muestras que componen algunas de las familias en relación con el número total de parámetros de que disponemos (16), hace que para evitar que los cálculos de la F de Fisher y O de Mahalanobis sean incorrectos, sea precisa una reducción en el número de parámetros.

Para ello, pasaremos sucesivamente todas las muestras con un número de parámetros no superior a 6, escogiendo sucesivamente aquéllos que en cada pasada se nos muestran como óptimos, para alcanzar al final la definición de las familias con aquéllos que sepamos con certeza que son significativos.

El primer estudio con GECYS lo haremos tomando los parámetros U_3O_8 , Al, B, Ca, Cr y Cu, y el resultado final, en cuanto a aporte de cada parámetro al discriminante podemos expresarlo mediante la tabla V.6.4.

SIGNIFICACION DE LOS PARAMETROS U_3O_8 , Al, B, Ca, Cr, Cu, EN LA SEPARACION DE FAMILIAS

	2	3	4	5	6	7
1	Cr Al, B, Cu	U_3O_8 B, Ca, Cr, U_3	Ca Al, B, Cr	Cr B, Cu	Cr U, B, Ca, Cu	Cr U, Ca, Cu
2		U Ca, Cr	U Al, Ba, Ca	Cu U, Ca	Cu U, Ca	U Al, B, Ca, Cu
3			Ca U, Al, B	Cr Ca	Cr, U Ca	Cr U, B
4				Al, Ca U	B U, Ca	Al I, Cr
5					U B, Cr, Cu	Ca B, Cr
6						U Ca, Cr

Tabla V.6.4.

Y en él podemos identificar cuáles son los parámetros que definen a cada familia de acuerdo con su reiteración en cuanto a parámetro diferenciador con el resto de poblaciones:

F 1: Definida por Cr, Al, U y B.

F 2: Definida por U, Cu, Ca.

F 3: Definida por U, Ca, Cr.

F 4: Definida por Ca, Al, U.

F 5: Definida por Ca, Cr, U, Cu.

F 6: Definida por U, Ca, Cr.

F 7: Definida por Cr, U, Ca.

Y como parámetros más representativos para la diferenciación entre agrupaciones, tenemos:

U, Ca, Cr, B

Por tanto, escogeremos estos parámetros para un análisis - posterior.

Efectuamos el análisis considerando ahora los 6 parámetros Fe, Ga, K, Li, Mg y Mn.

Y para determinar cuáles son los mejores parámetros que - nos sirven para diferenciar estas familias, atendemos a la tabla V.6.5.

Tabla V.6.5.

SIGNIFICACION DE LOS PARAMETROS Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, EN LA DEFINICION DE FAMILIAS.

	2	3	4	5	6	7
1	Li Fe, Ga, K, Mg	Mn Fe, K, Li, Mg	Mn Fe, Ga, Mg	Mg Fe, Ga, Li, Mn	Li, Ga Fe, K, Mg	Mn Fe, Ga, K, Li, Mg
2		Li Fe, Ga, Mg, Mn	Mn, Mg Fe, Li	Fe Ga, Mg, Mn	Mg, Li Ga, K, Mn	K Li, Mg, Mn
3			Mn Mg, Fe	Ga Fe, K, Li	Li Fe, Ga, K, Mg	Li Fe, Ga, Mg
4				Ga K, Li, Mg	Li K, Mg, Mn	K Li, Mg, Mn
5					Fe K, Li, Mg, Mn	Fe Ga, K, Mg, Mn
6						Mn K, Li, Mg

Y podemos deducir que los parámetros representativos de -
cada una de las familias, son:

F 1: Fe, Mn, Li, Ga.

F 2: Mg, Mn, Li.

F 3: Li, Fe, Mg.

F 4: Mn, Mg, Li.

F 5: Fe, Ga, Mg.

F 6: Li, Mg, K.

F 7: K, Mn, Mg, Li.

Y para el conjunto de todas ellas:

Mg, Mn, Li, K

Y por tanto, despreciaremos en análisis posteriores la presencia de Fe y Ga.

Hacemos ahora el estudio con los parámetros Mg, Mn, Na, Ti, V.

De nuevo contruimos la tabla V.6.6.

SIGNIFICACION DE LOS PARAMETROS Mg, Mn, Na, Ti y V EN LA DIFERENCIACION DE FAMILIAS

	2	3	4	5	6	7
1	Ni Mg, Mn, Na, Ti	Mn Mg, Ni, V	Mn Mg, Na	Na Mg	Na Mg	Na Mg, Ni
2		Ni Mg, Mn, Na, Ti	Mn, Mg Na, Ti	Mg Na, Ni, Ti, V	Ni Mg, Mn, Na, V	Mn Mg, Na, Ni, Ti
3			Mn Mg, Na	Na Mg, Ti	Na Mn	Na Mg, V
4				Na Mg, Mn, Ti, V	Mn Mg, Na	Na Mg, Mn
5					Mg Mn, V	Mn Ni, Ti, V
6						Mn Mg, Ni, Ti, V

Tabla V.6.6.

Deduciendo que los parámetros representativos de cada familia, son:

F 1: Na, Mg, Mn, Ni.

F 2: Mn, Mg, Na, Ni.

F 3: Na, Mn, Mg.

F 4: Mg, Na, Mn.

F 5: Mg, Na, Ti, V.

F 6: Mn, Mg, Na.

F 7: Mg, Na, Mn, Ni.

Y para el total del universo muestral quedan como representativos:

Mg, Na, Mn, Ni

A la vista de los resultados obtenidos para cada subdivisión en parámetros, podemos decidir que los mejores, son:

U, Ca, Cr, B, Mg, Mn, Li, K, Na, Ni

Habiéndose eliminado:

Al, Cu, Fe, Ga, Ti, V.

Como todavía tenemos exceso de parámetros con respecto al número de muestras presentes en algunas de las agrupaciones muestrales, será preciso continuar el procedimiento hasta aquí utilizado.

Iterando de nuevo el procedimiento para los datos:

1) U, Ca, Mg, Li, K.

2) Cr, B, Mn, Na, Ni.

Obtenemos la

Tabla V.6.7.

SIGNIFICACION DE LOS PARAMETROS U, Ca, Mg, K, EN LA DIFERENCIACION DE FAMILIAS

	2	3	4	5	6	
1	Li K	U Ca, Mg	Ca U, Li, Mg	Mg K, Li	K Ca, Li, Mg	K U, Ca, Li, Mg
2		U Li, Mg	U Ca, K, Li, Mg	Mg U, Ca, Li	K, Li U, Mg	U Ca, K, Li
3			Ca U, Mg	Li Ca, K, Mg	Li, U Ca, K	Li U, Ca, K, Mg
4				Li, Ca K	Li Ca, K, Mg	Li K, Mg
5					Li, Mg U, K	Mg Ca, K
6						Mg U, Ca, K

F 1: K, Li, Mg.

F 2: Li, U, K, Mg.

F 3: U, Li, Ca.

F 4: Li, Ca, Mg.

F 5: Mg, Li, Ca, K.

F 6: Li, K, Mg.

F 7: Mg, Li, K.

Y para el total de la agrupación muestral, reservamos única
mente:

Li, Mg, K, Ca

Y para los parámetros B, Cr, Mn, Na, Ni, tenemos:

Tabla V.6.8.

SIGNIFICACION DE LOS PARAMETROS B, Cr, Mn, Na, Ni EN LA SEPARACION DE FAMILIAS

	2	3	4	5	6	7
1	Ni Cr, Na	Cr B, Mn, Ni	Mn B, Cr, Na, Ni	Cr B, Mn, Na	Na B, Cr	Na Cr, Mn, Ni
2		Cr B, Mn, Na, Ni	Mn, Na B, Ni	Na B, Cr, Ni	Na Ni	Na B, Mn, Ni
3			Mn B, Na	Cr Mn, Na	Cr B, Mn, Na	Cr, Na B
4				B Cr, Mn, Na, Ni	B Mn, Na	Na B, Mn, Ni
5					B Cr, Mn	B Mn, Ni
6						Mn Cr, Ni

F 1: Cr, Na, Mn, Ni.

F 2: Na, Ni, Cr, Mn.

F 3: Cr, Na, Mn

F 4: Mn, Na, B.

F 5: B, Cr, Mn, Na.

F 6: Na, B, Cr, Mn.

F 7: Na, Mn, B, Ni.

Quedando como óptimos en la diferenciación los parámetros:

Na, Mn, B, Cr

Si consideramos ahora que el primer parámetro de cada una de las comparaciones es definitivamente válido, tendremos que Li y Na son considerados como óptimos. Y como podemos utilizar 6 - parámetros como máximo, será preciso eliminar 2 de los 6 que quedan. Así efectuamos una nueva comparación con Mg, K, Ca, Mn, B, Cr, y tenemos:

Tabla V.6.9.

SIGNIFICACION DE LOS PARAMETROS Mg, K, Ca, Mn, B y Cr EN LA DIFERENCIACION DE FAMILIAS

	2	3	4	5	6	7
1	Cr B, K	Cr B, K, Mn	Mn B, Ca, Cr, Mg	Mg B, Ca, Cr, Mn	K B, Ca, Cr, Mg	Mn Cr, K, Mg
2		Cr B, Ca, K, Mg, Mn	Mn B, Ca, K, Mg	Mg B, Mn	K Ca, Mg	K B, Ca, Mg, Mn
3			Mn Ca, Mg	Cr Ca, Mg, Mn	Cr B, Ca, K, Mg	Cr K, Mg
4				Ca B, Cr, K, Mn	K Ca, Cr, Mg, Mn	K B, Cr, Mg, Mn
5					Mg B, K, Mn	Mg B, K, Mn
6						Ca, Mn K, Mg

F 1: Cr, Mn, K, Mg.

F 2: K, Mg, Mn, Cr, B, Ca.

F 3: Cr, Mn, Mg.

F 4: Mn, K, Ca, Mg.

F 5: Mg, Mn, Ca, Cr, B.

F 6: K, Mg, Ca.

F 7: K, Mg, Mn.

Y para el total de las agrupaciones:

Mg, Mn, K, Cr

Luego, definitivamente, adoptamos como los parámetros que -
sirven para diferenciar las agrupaciones muestrales los siguientes:

Li, Na, Mn, Mg, K, Cr.

Con estos 6 parámetros que hemos obtenido como los óptimos para la diferenciación de las agrupaciones muestrales podemos -
iterar una vez más el tratamiento con GECYS, y obtenemos:

Tabla V.6.10.

SIGNIFICACION DE LOS PARAMETROS Li, Na, Mn, Mg, K y Cr EN LA DIFERENCIACION DE FAMILIAS

	2	3	4	5	6	7	
1	Cr K, Li, Na	Cr K, Li, Mg, Mn	Mn Mg, Na	Na Cr, K, Mg, Mn	K, Cr Li, Mg	K Cr, Li, Mn, Na	26
2		Cr K, Li, Mg, Mn	Mn Mg, Na	Na Cr, Li, Mg	Mg, Na K	Na K, Mn	22
3			Mn Mg, Na	Cr K, Li, Na	Li Cr, K, Mn, Mg, Na	Cr K Li, Mg, Na	28
4				Na Cr, K, Li, Mg, Mn	Mg, Na K, Mn	Na K, Mg, Mn	23
5					Mg Cr, K, Li, Mn	Mg K, Mn	27
6						Mn K, Li	25

Sólamente teniendo en cuenta el número de parámetros que -
diferencian unas familias de otras, podemos decir que las que -
presentan una mejor definición son las 2, 4 y 7.

La representatividad de cada familia viene regulada por los
diferentes parámetros de la siguiente forma:

F 1: Cr, K, Na, Mn.

F 2: Na, Mg, Cr, K, Mn.

F 3: Cr, Li, K, Mg, Mn.

F 4: Mn, Na, Mg.

F 5: Mg, Na, Cr.

F 6: Mg, K, Mn, Na, Li. Cr.

F 7: K, Na, Mn, Mg, Li, Cr.

Y atendiendo a los aportes de cada parámetro en las distin-
tas comparaciones podemos establecer como orden de significación
de los parámetros en el total del Universo muestral, el siguiente

Na, Mg, K, Mn, Cr, Li

Si observamos la ecuación de la recta de regresión que había
mos obtenido anteriormente para el U_3O_8 en el Universo muestral,

$$U_3O_8 = 0.097411 - 0.55573 \text{ Mn} + 1.7849 \text{ Li} - 0.08472 \text{ K}$$

Tenemos que,

$$U_3O_8 = f (- \text{Mn}, \text{Li}, - \text{K})$$

Es decir, el uranio viene regulado en principio por tres de
los seis parámetros que hemos considerado como independientes.

Tabla V.6.11.

Param.	Est.	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Cr	μ	0.047	0.018	0.032	0.025	0.011	0.018	0.014
	σ	0.013	0.020	0.006	0.037	0.007	0.002	0.011
	c.v.	0.292	1.090	0.185	1.467	0.643	0.157	0.795
K	μ	2.428	1.860	3.046	2.575	1.657	1.166	0.883
	σ	0.706	0.879	1.250	1.337	0.662	0.288	0.381
	c.v.	0.323	0.472	0.410	0.519	0.400	0.274	0.432
Li	μ	0.250	0.112	0.198	0.200	0.075	0.050	0.081
	σ	0.111	0.061	0.073	0.091	0.015	0.010	0.034
	c.v.	0.447	0.540	0.369	0.456	0.199	0.200	0.427
Mg	μ	0.391	0.440	0.930	3.830	2.000	0.300	0.583
	σ	0.109	0.230	0.480	4.701	0.763	0.000	0.172
	c.v.	0.279	0.523	0.516	1.226	0.381	0.000	0.295
Mn	μ	0.007	0.009	0.039	0.290	0.101	0.007	0.039
	σ	0.003	0.011	0.029	0.255	0.176	0.005	0.019
	c.v.	0.514	1.280	0.762	0.882	1.739	0.742	0.487
Na	μ	0.771	0.370	0.692	2.137	0.001	0.001	0.001
	σ	0.300	0.244	0.335	2.700	0.000	0.000	0.000
	c.v.	0.399	0.659	0.485	1.263	0.000	0.000	0.000

Tabla V.6.12.

X/Y	K	Li	Mg	Mn	Na	
Cr	F1	0.0193	0.188	0.119	6.714	0.0609
	F2	0.0096	0.160	0.040	1.999	0.048
	F3	0.0105	0.161	0.034	0.620	0.346
	F4	0.0097	0.125	0.0065	0.086	0.011
	F5	0.0066	0.146	0.0055	0.108	11.000
	F6	0.0150	0.360	0.059	2.571	18.000
	F7	0.0158	0.177	0.024	0.358	14.000
K	F1	9.712	6.193	346.657	3.1491	
	F2	16.607	4.227	206.666	5.027	
	F3	15.383	3.271	78.102	4.401	
	F4	12.855	0.671	8.860	1.203	
	F5	22.093	0.8285	16.405	1057.000	
	F6	23.320	3.886	166.571	1166.000	
	F7	10.901	1.514	22.641	883.000	
Li	F1		0.637	35.714	0.324	
	F2		0.254	12.444	0.302	
	F3		0.213	5.077	0.286	
	F4		0.052	0.689	0.093	
	F5		0.037	0.742	75.000	
	F6		0.166	7.142	50.000	
	F7		0.138	2.076	81.000	
Mg	F1			55.999	0.508	
	F2			48.888	1.189	
	F3			23.846	0.643	
	F4			13.206	1.792	
	F5			19.801	200.000	
	F6			42.857	300.000	
	F7			14.948	583.000	
Mn	F1				0.009	
	F2				0.024	
	F3				0.056	
	F4				0.135	
	F5				101.000	
	F6				7.000	
	F7				39.000	

Si atendemos a la posible relación que pudiera existir entre estos parámetros mediante índices del tipo X/Y a partir de los datos de las medias obtenidas para cada parámetro en cada familia obtenemos los cuadros V.6.11 y V.6.12. En este último vemos que la dispersión obtenida para los valores X/Y es muy grande, - cosa que era de esperar, ya que si tratamos de identificar de forma inequívoca las muestras por medio de unos parámetros escogidos éstos deben de ser independientes.

Los resultados del programa GECYS de comparación de agrupaciones muestrales, según los seis parámetros adoptados como significativos, es:

Comparación F 1 y F 2.

$F = 2.11$	$P(6,5) = 0.7853$	
$D_1 = 3.62$	$D_2 = 5.06$	$Ro = 10.95$
$Cr = 44.07 \%$		$Mg = 2.83 \%$
$K = 15.61 \%$		$Mn = 1.43 \%$
$Li = 14.99 \%$		$Na = 21.05 \%$

Comparación F 1 y F 3.

$F = 2.64$	$P(6.31) = 0.9331$	
$D_1 = 3.13$	$D_2 = 1.69$	$Ro = 2.16$
$Cr = 41.62 \%$		$Mg = 7.26 \%$
$K = 9.28 \%$		$Mn = 34.37 \%$
$Li = 6.72 \%$		$Na = 0.72 \%$

Comparación F 1 y F 4.

$F = 246.43$	$P(6, 4) = 1.00$	
$D_1 = 475.25$	$D_2 = 831.69$	$Ro = -424.40$
$Cr = 0.29 \%$		$Mg = 33.73 \%$
$K = 0.94 \%$		$Mn = 36.90 \%$
$Li = 1.46 \%$		$Na = 26.65 \%$

Comparación F 1 y F 5.

$F = 10.47$	$P(6, 7) = 0.9966$	
$D_1 = 15.38$	$D_2 = 15.38$	$Ro = -7.24$
$Cr = 11.51 \%$		$Mg = 28.49 \%$
$K = 8.10 \%$		$Mn = 5.46 \%$
$Li = 3.54 \%$		$Na = 42.88 \%$

Comparación F 1 y F 6.

$F = 1.76$	$P(6, 3) = 0.6562$	
$D_1 = 4.02$	$D_2 = 9.38$	$Ro = 20.37$
$Cr = 31.55 \%$		$Mg = 9.61 \%$
$K = 31.84 \%$		$Mn = 0.21 \%$
$Li = 23.45 \%$		$Na = 3.30 \%$

Comparación F 1 y F 7.

$F = 11.76$	$P(6, 6) = 0.9957$	
$D_1 = 18.49$	$D_2 = 21.57$	$Ro = 31.15$
$Cr = 12.74$		$Mg = 3.35$
$K = 27.16$		$Mn = 21.35$
$Li = 11.79$		$Na = 23.59$

Comparación F 2 y F 3.

$$F = 2.07 \quad P(2,3) = 0.8611$$

$$D_1 = 3.62 \quad D_2 = 1.39 \quad Ro = 9.37$$

$$Cr = 32.75 \% \quad Mg = 18.84 \%$$

$$K = 20.40 \% \quad Mn = 13.92 \%$$

$$Li = 12.51 \% \quad Na = 1.55 \%$$

Comparación F 2 y F 4.

$$F = 50.03 \quad P(6,2) = 0.9803$$

$$D_1 = 210.13 \quad D_2 = 262.66 \quad Ro = -234.71$$

$$Cr = 0.99 \% \quad Mg = 31.10 \%$$

$$K = 2.33 \quad Mn = 36.45 \%$$

$$Li = 2.05 \% \quad Na = 27.05 \%$$

Comparación F 2 y F 5.

$$F = 6.98 \quad P(6,5) = 0.9751$$

$$D_1 = 16.76 \quad D_2 = 11.97 \quad Ro = -7.20$$

$$Cr = 6.02 \% \quad Mg = 21.81 \%$$

$$K = 1.22 \% \quad Mn = 0.72 \%$$

$$Li = 8.81 \% \quad Na = 61.39 \%$$

Comparación F 2 y F 6.

$$F = 1102.9 \quad P(6,1) = 1.000$$

$$D_1 = 7941.1 \quad D_2 = 13235.0 \quad Ro = 33593.0$$

$$Cr = 0.10 \% \quad Mg = 36.83 \%$$

$$K = 35.59 \% \quad Mn = 4.17 \%$$

$$Li = 3.82 \% \quad Na = 19.47 \%$$

Comparación F 2 y F 7.

$F = 11.63$	$P(6, 4) = 0.9836$	
$D_1 = 31.42$	$D_2 = 26.18$	$Ro = 6.12$
$Cr = 1.84 \%$		$Mg = 3.90 \%$
$K = 24.64 \%$		$Mn = 15.14 \%$
$Li = 3.96 \%$		$Na = 50.50 \%$

Comparación F 3 y F 4.

$F = 41.96$	$P(6, 10) = 1.000$	
$D_1 = 29.05$	$D_2 = 94.43$	$Ro = 56.64$
$Cr = 0.18$		$Mg = 32.13$
$K = 1.78$		$Mn = 37.66$
$Li = 0.03$		$Na = 28.19$

Comparación F 3 y F 5.

$F = 10.38$	$P(6, 13) = 0.9997$	
$D_1 = 6.63$	$D_2 = 12.32$	$Ro = 15.17 \%$
$Cr = 43.48 \%$		$Mg = 3.46 \%$
$K = 8.62 \%$		$Mn = 4.96 \%$
$Li = 20.26 \%$		$Na = 19.19 \%$

Comparación F 3 y F 6.

$F = 7.05$	$P(6, 9) = 0.9948$	
$D_1 = 6.63$	$D_2 = 21.95$	$Ro = 45.71$
$Cr = 19.32 \%$		$Mg = 21.18$
$K = 10.24$		$Mn = 11.77$
$Li = 30.36$		$Na = 7.10 \%$

Comparación F 3 y F 7.

$F = 11.98$	$P(6,12) = 0.9998$	
$D_1 = 7.83$	$D_2 = 16.98$	$Ro = 37.30$
$Cr = 33.02$		$Mg = 16.19$
$K = 12.19$		$Mn = 0.05$
$Li = 30.60$		$Na = 7.94$

Comparación F 4 y F 5.

$F = 8.69$	$P(6,4) = 0.9724$	
$D_1 = 29.34$	$D_2 = 16.77$	$Ro = 49.16$
$Cr = 6.83$		$Mg = 20.72$
$K = 13.95$		$Mn = 16.19$
$Li = 12.95$		$Na = 29.33$

Comparación F 4 y F 6.

No existe suficiente número de muestras en el cálculo de F y P.

$Cr = 1.62$	$Mg = 31.39$
$K = 5.92$	$Mn = 30.37$
$Li = 0.00$	$Na = 30.67$

Comparación F 4 y F 7.

$F = 785.38$	$P(6,3) = 0.9999$	
$D_1 = 3141.5$	$D_2 = 2094.3$	$Ro = 2096.2$
$Cr = 0.53$		$Mg = 24.66$
$K = 10.52$		$Mn = 24.35$
$Li = 4.96$		$Na = 34.96$

Comparación F 5 y F 6.

$F = 3.09$	$P(6,3) = 0.8089$	
$D_1 = 7.06$	$D_2 = 16.49$	$Ro = 33.12$
$Cr = 11.90\%$		$Mg = 37.90\%$
$K = 15.07\%$		$Mn = 8.20 \%$
$Li = 26.92\%$		$Na = 0.0\%$

Comparación F 5 y F 7.

$F = 4.22$	$P(6,6) = 0.9484$	
$D_1 = 6.64$	$D_2 = 7.74$	$Ro = 29.22$
$Cr = 6.64$		$Mg = 57.32$
$K = 30.86$		$Mn = 8.99$
$Li = 0.46$		$Na = 0.00$

Comparación F 6 y F 7.

$F = 1.63$	$P(6,2) = 0.5724$	
$D_1 = 11.41$	$D_2 = 5.70$	$Ro = 23.73$
$Cr = 1.65$		$Mg = 2.09$
$K = 22.83$		$Mn = 60.64$
$Li = 12.76$		$Na = 0.00$

De acuerdo con esto, los porcentajes medios de aporte de cada parámetro para cada familia en relación con las demás, esto es, la medida relativa de aporte entre parámetros para la definición de cada familia la podemos expresar con la Tabla V.6.13.

Tabla V.6.13.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	
Cr	23.63	14.29	28.39	1.74	13.68	11.02	8.68	14.49
K	15.48	16.59	10.41	5.90	12.97	20.24	21.36	14.70
Li	10.32	7.69	16.74	3.57	12.15	16.21	10.75	11.06
Na	14.21	19.21	16.51	28.95	28.28	23.28	17.91	21.17
Mn	16.62	11.97	17.12	30.82	7.42	7.42	21.75	17.84
Mg	19.69	30.16	10.78	29.47	25.46	25.46	19.42	20.72

Luego en el análisis de las muestras cuyo estudio efectuemos en adelante deberemos prestar atención preferente a los parámetros Na, Mg, Mn, K, Cr y Li en orden decreciente de importancia.

V.6.8. CALCULOS DE INTERDEPENDENCIA URANIO/RESTO ELEMENTOS
PARA CADA UNA DE LAS AGRUPACIONES MUESTRALES

Aplicando el programa GETRES a cada una de las familias - obtenidas con la transformación $y = \ln(x)$ podemos calcular la ecuación condicionante del U_3O_8 en cada una de ellas, así como la matriz de coeficientes de correlación entre todos los parámetros.

F 1: (1001 ... 1004)

Error estándar de $U_3O_8 = 0.550$

$$U_3O_8 = -1.593966 + 25.26177 \text{ Cr} - 44.3796 \text{ Cu} + 23.97891 \text{ Ga} \\ - 43.14126 \text{ Mn} + 71.90640 \text{ Ni}$$

$F = 9.3121$ $P(6,1) = 0.7543$

E.s. = 0.072

F 2: (1006 ... 1013)

E.s. de $U_3O_8 = 0.169$

$$U_3O_8 = 0.424276 - 0.06584 \text{ Fe} + 6.65696 \text{ Ga} + 17.59198 \text{ Ni}$$

$F = 23.7779$ $P(4,1) = 0.8475$

E.s. = 0.010

F 3: (1010 ... 1040)

E.s. de $U_3O_8 = 0.048$

$$U_3O_8 = 0.008456 + 0.3566 \text{ Al} - 0.30645 \text{ B} + 0.16664 \text{ Ca} - \\ - 2.55616 \text{ Cr} + 3.4276 \text{ Cu} - 0.03328 \text{ Fe} + 0.86356 \text{ Li} + \\ + 0.25150 \text{ Mn} - 0.13771 \text{ Na} - 0.31870 \text{ Ti}$$

$F = 20.324$ $P(11,1) = 0.8285$

E.s. = 0.003

F 4: (1043 ... 1039)

$$E.s. \text{ de } U_3O_8 = 0.004$$

$$U_3O_8 = 0.002856 - 0.06963 B + 0.01541 Mn$$

$$F = 552.92 \quad P(3,1) = 0.968$$

$$E.s. = 0.000$$

F 5: (1034 ... 1021)

$$E.s. = 0.057$$

$$U_3O_8 = 0.150236 - 0.00456 Al - 1.5253 Ca + 0.04702 K + \\ + 0.05224 Ti - 0.31826 V$$

$$F = 1963.80 \quad P(6,1) = 0.9827$$

$$E.s. = 0.000$$

F 6: (1024 ... 1005)

$$E.s. \text{ de } U_3O_8 = 0.125$$

$$U_3O_8 = 0.355877 - 0.14534 Ti$$

$$F = 66.70 \quad P(2,1) = 0.9137$$

$$E.s. = 0.021$$

F 7: (1029 ... 1045)

$$E.s. \text{ de } U_3O_8 = 0.007$$

$$U_3O_8 = 0.010943 - 0.07964 B + 0.178981 Cu + 0.18264 Ga - \\ - 0.01434 Mg$$

$$F = 140.627 \quad P(5,1) = 0.9361$$

$$E.s. = 0.000$$

Las relaciones del uranio con el resto de los parámetros lo podemos representar de la siguiente forma:

$$F\ 1: U_3O_8 = f (Cr, - Cu, Ga, - Mn, Ni)$$

$$F\ 2: U_3O_8 = f (- Fe, Ga, Ni)$$

$$F\ 3: U_3O_8 = f (Al, - B, Ca, - Cr, Cu, - Fe, Li, Mn - Na, - Ti)$$

$$F\ 4: U_3O_8 = f (- B, Mn)$$

$$F\ 5: U_3O_8 = f (Al, - Ca, K, Ti, - V)$$

$$F\ 6: U_3O_8 = f (- Ti)$$

$$F\ 7: U_3O_8 = f (- B, Cu, Ga, - Mg)$$

y fácilmente se vé que no existe una relación entre el uranio y otro elemento, que se mantenga en todas las familias. Debemos suponer por tanto, que no es el contenido en cualquiera de los elementos analizados, de forma directa, lo que condiciona la existencia del uranio.

V.6.9. ESTUDIO DE ASOCIACION ENTRE MUESTRAS INCLUYENDO LAS MEDIDAS DE RADIACIONES GAMMA.

Aún cuando el numero de muestras para las cuales se han efectuado medidas absolutas de los valores gamma conjuntamente con el contenido en U_3O_8 no es muy elevado (26), nos ha parecido oportuno efectuar el estudio de la asociación entre muestras incluyendo este parámetro. Para ello se ha efectuado un análisis mediante el programa GECLUP cuyos resultados vamos a explicar ahora:

DENDROGRAMA V.6.13.

Corresponde a la agrupación ponderada de muestras mediante el coeficiente de correlación de Imbrie.

Aún cuando los coeficientes son muy elevados, se pueden separar 3 familias, quedando una muestra completamente separada de las demás y a la que denominamos F.4.

F 1) 1031, 1035, 1023, 1045.

F 2) 1002, 1047, 1024, 1003, 1011, 1046, 1013, 1017.

F 3) 1006, 1016, 1014, 1027, 1033, 1012, 1001, 1026, 1030, 1048, 1005, 1004, 1037.

F 4) 1028.

DENDROGRAMA V.6.14.

Agrupación imponderada de muestras, coeficiente de Imbrie.

F 1) 1031, 1035, 1023, 1045.

F 2) 1002, 1047, 1024, 1003, 1011, 1046, 1013, 1017.

F 3) 1006, 1016, 1014, 1027, 1033, 1012, 1001, 1026, 1004, 1037,
1030. 1048. 1005.

F 4) 1028.

DENDROGRAMA V.6.15.

Datos transformados mediante $y = \ln(x)$ ponderada, con el coeficiente de Imbrie.

F 1) a) 1030, 1037, 1013, 1023, 1046, 1033.

b) 1003, 1047, 1048, 1031.

F 2) 1004, 1014, 1012, 1016, 1001, 1011, 1006.

F 3) a) 1005, 1027, 1024.

b) 1002, 1035, 1017, 1028, 1045.

DENDROGRAMA V.6.16.

Correlación imponderada de muestras con aplicación de la - transformación $y = \ln(x)$ mediante coeficiente de Imbrie.

F 1) a) 1003, 1047, 1048, 1031.

b) 1023, 1046, 1033.

F 2) 1004, 1014, 1012, 1016, 1001, 1026, 1011, 1006.

F3) 1030, 1037, 1013.

F 4) a) 1005, 1027, 1024.

b) 1002, 1035, 1017, 1028, 1045.

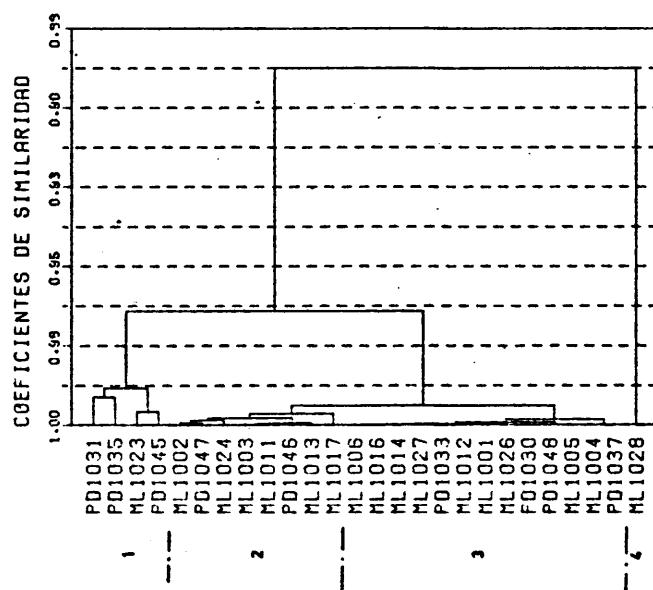
DENDROGRAMA NUMERO V.6.13.

LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE IMBRIE

AGRUP. PONDERADA DE: MUESTRAS

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



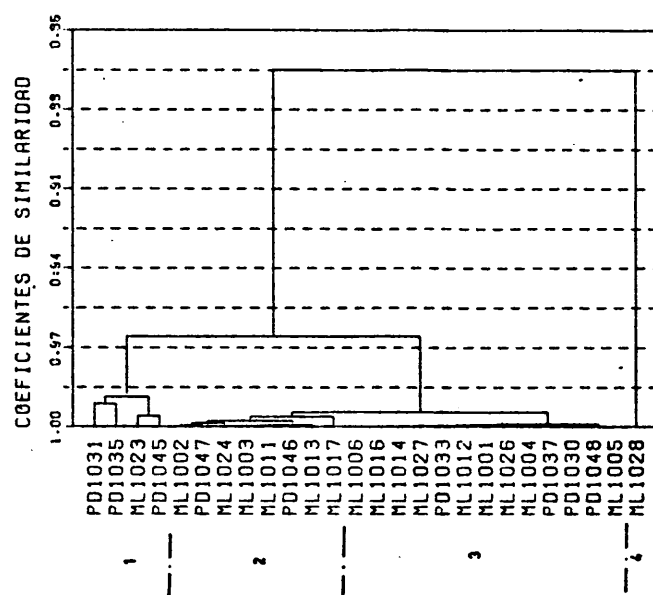
DENDROGRAMA NUMERO V.6.14.

LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE IMBRIE

AGRUP. IMPOND. DE: MUESTRAS

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.15.

LOBO-PEDREGAL

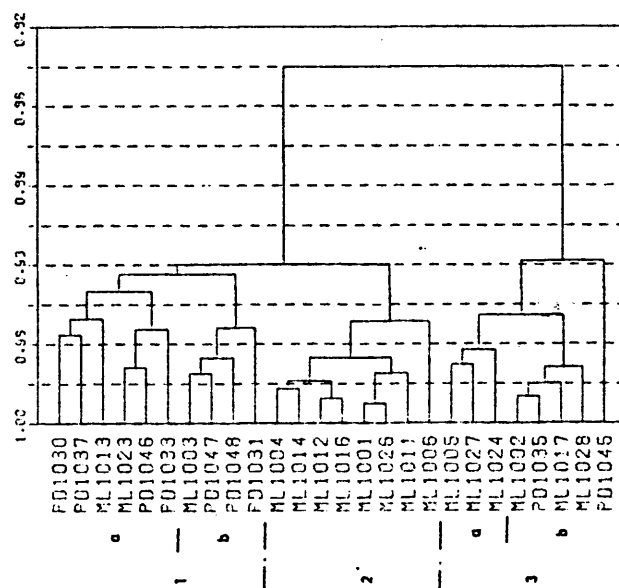
CORRELACION DE IMPRUE

TRANS LOG E

AGRUP. PONDERADA DE: MUESTRAS

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS

COEFICIENTES DE SIMILARIDAD



DENDROGRAMA NUMERO V.6.16.

LOBO-PEDREGAL

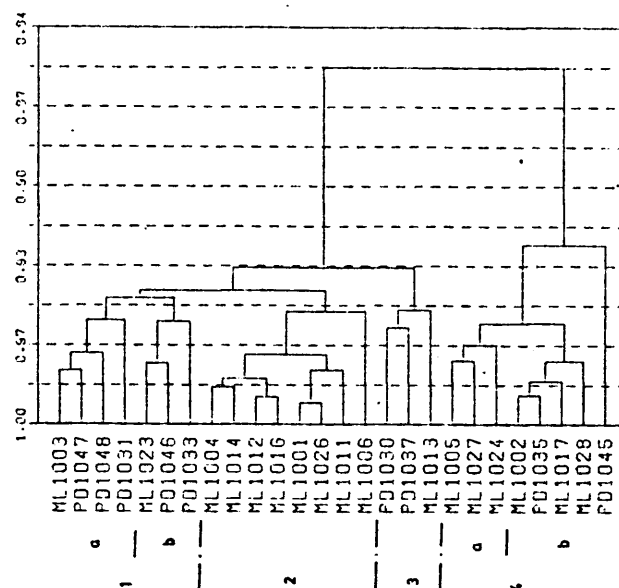
CORRELACION DE IMPRUE

TRANS LOG E

AGRUP. IMPOND. DE: MUESTRAS

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS

COEFICIENTES DE SIMILARIDAD



DENDROGRAMA NUMERO V.6.17.

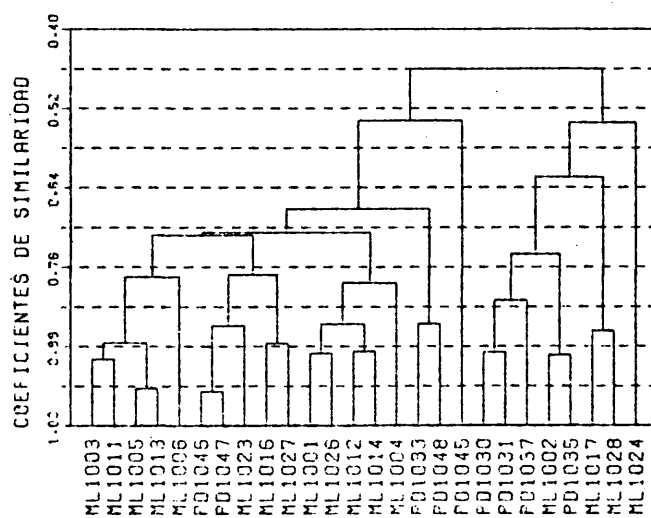
LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE IMBRIE

TRANS ARSN X

AGRUP. PONDERADA DE: MUESTRAS

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.18.

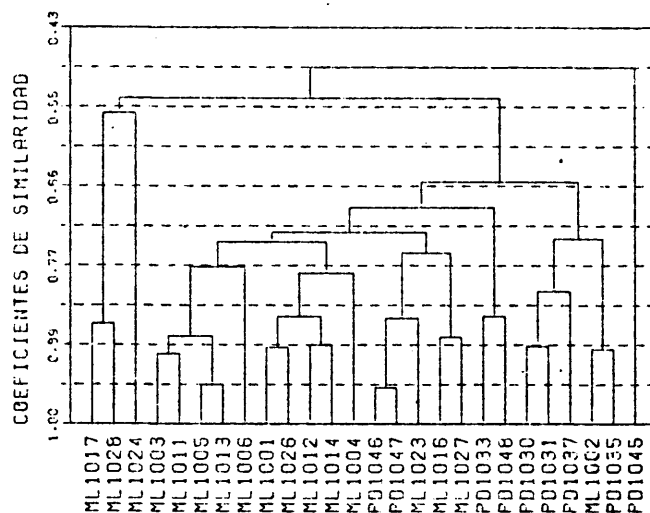
LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE IMBRIE

TRANS ARSN X

AGRUP. IMPOND. DE: MUESTRAS

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA nº V.6.17

Correlación ponderada, coeficiente de Imbrie, datos transformados por $y = \arcsen(x)$.

- F 1) 1003, 1011, 1005, 1013, 1006
- F 2) 1046, 1047, 1023, 1016, 1027
- F 3) 1001, 1026, 1012, 1014, 1004
- F 4) 1033, 1048, 1045
- F 5) a) 1030, 1031, 1037, 1002, 1035
b) 1017, 1028, 1024.

DENDROGRAMA nº V.6.18

Agrupación imponderada de datos transformados $y = \arcsen(x)$, mediante coeficiente de Imbrie.

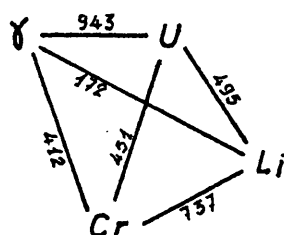
- F 1) 1017, 1028, 1024
- F 2) a) 1001, 1011, 1005, 1013, 1006
b) 1001, 1026, 1012, 1014, 1004
- F 3) 1046, 1047, 1023, 1016, 1027
- F 4) 1033, 1048
- F 5) 1030, 1031, 1037, 1002, 1035
- F 6) 1045

Al observar las posibles semejanzas entre las transformaciones vemos que las agrupaciones obtenidas son bastante diferentes en cada caso, existiendo únicamente la seguridad de que forman familias comunes, por mantenerse constantes, las siguientes:

- F 1) 1046, 1023
- F 2) 1002, 1024, 1017, 1028
- F 3) 1016, 1014, 1001, 1004, 1012, 1026
- F 4) 1005, 1027
- F 5) 1033, 1048
- F 6) 1030, 1037.

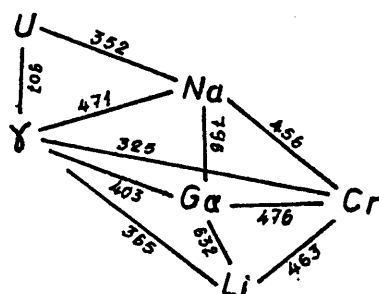
Puesto que las influencias de unos parámetros con otros tanto con datos naturales como transformados ya los hemos estudiado anteriormente en un universo muestral mucho mayor y en el que - está comprendido el ahora estudiado, sólo observaremos las ligazones impuestas por la gammametria. Así, tenemos:

1) Datos naturales: El grupo está constituido por los parámetros U_3O_8 , Cr, Li, de acuerdo con el esquema,



2) Transformación $y = \log_2 (x)$

La γ aparece relacionada con un variado número de elementos, a su vez estrechamente relacionados, tal como muestra el esquema



3) Transformación $y = \log_{10}(x)$

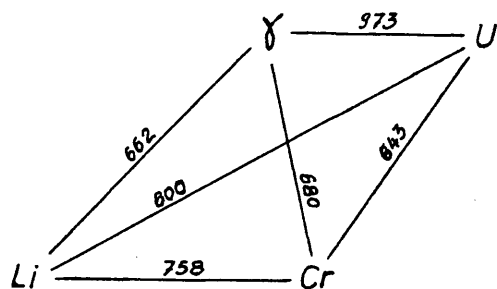
Es análoga a la anterior.

4) Transformación $y = \ln (x)$

Es análoga a la 2)

5) Transformación $y = \text{Arc sen } (x)$

La γ solamente se asocia con U_3O_8 , Cr y Li, de acuerdo con el siguiente esquema:



Los dendrogramas correspondientes a la asociación entre -
variables en las que está incluida la γ son los comprendidos -
entre V.6.19 y V.6.24.

DENDROGRAMA NUMERO V.6.20.

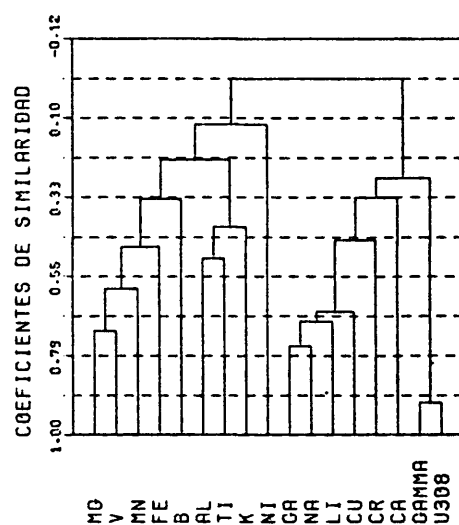
LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE PEARSON

TRANS LOG 2

AGRUP.IMPOND. DE: VARIABLES

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



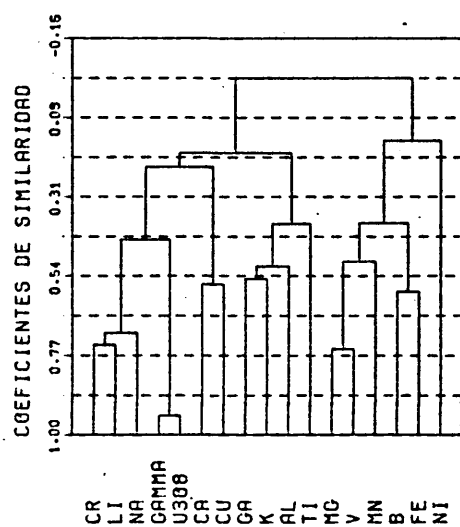
DENDROGRAMA NUMERO V.6.19.

LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE PEARSON

AGRUP.IMPOND. DE: VARIABLES

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.21.

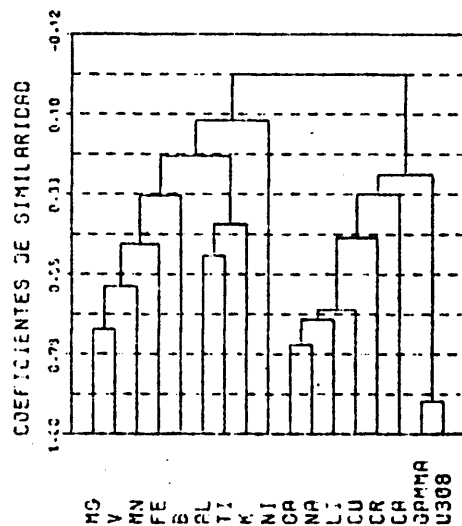
LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE PEARSON

TRANS LOG 10

AGRUP.IMPOND. DE VARIABLES

ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.22.

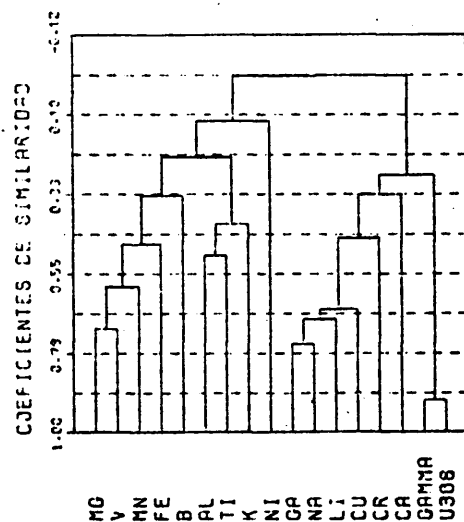
LOBO-PEDREGAL

CORRELACION DE PEARSON

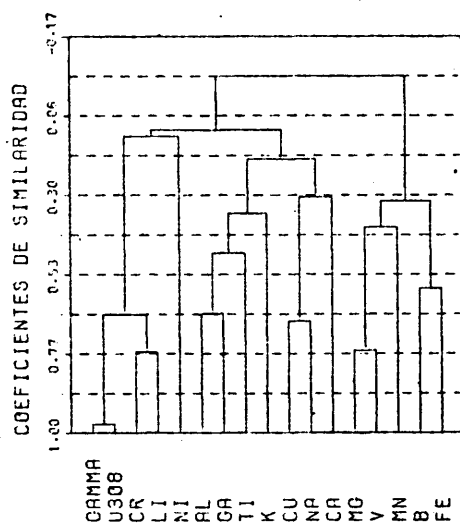
TRANS LOG E

AGRUP.IMPOND. DE VARIABLES

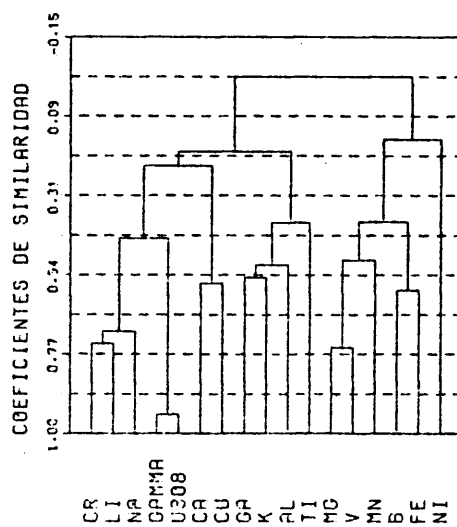
ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.24.
 LOBO-PEDREGAL
 CORRELACION DE PEARSON
 TRANS ARSN X
 AGRUP.IMPOND. DE: VARIABLES
 ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



DENDROGRAMA NUMERO V.6.23.
 LOBO-PEDREGAL
 CORRELACION DE PEARSON
 TRANS X-M/OF
 AGRUP.IMPOND. DE: VARIABLES
 ANALISIS ESPECTROGRAFICOS



V.6.10

CONCLUSIONES

El estudio desarrollado en este capítulo es de gran interés para nosotros en cuanto que nos proporciona la posible correspondencia entre las características químicas de la roca encajante de la mineralización y el atributo respecto al cual pretendemos establecer el modelo matemático, en este caso el contenido en uranio.

Como conclusiones, puramente estadísticas unas y de inmediata aplicación geológica otras, podemos señalar:

1) Los procedimientos estadísticos utilizados en el tratamiento de datos semicuantitativos nos señalan una diferenciación del Universo muestral en varios subconjuntos que suponemos responden a diferentes agrupaciones muestrales.

2) Se acepta como óptima la diferenciación de subconjuntos obtenida por asociación entre muestras para los datos transformados por aplicación de la función $y = \ln(x)$. Se han obtenido así un total de 3 grandes agrupaciones con subdivisiones en ellas, que proporcionan un total de 7 subfamilias, representativas de otras tantas litologías.

3) La correlación entre variables nos muestra dos tipos diferentes de asociaciones, una que relaciona el uranio con Cr, Li y Ga y posteriormente con Na y K para datos originales y tran

formados mediante $y = \arcsin(x)$, y otra que lo relaciona con Al, Ti, B al aplicar una transformación de tipo logarítmico.

4) El espacio metalogénico podríamos representarlo,

a) Por un tetraedro en cuyos vértices estarían las agrupaciones constituidas por 1) Na, K, Li, Cr. 2) Al, Ti, V. 3) Fe, Mg, Ni. 4) Ca, Mn, en el caso de considerar como válidos los datos originales o los transformados mediante una función logarítmica de base 2.

b) Por un espacio cartesiano bidimensional cuyas coordenadas serían $x = \text{Fe, Mg, Ni, Al, Ti, V, B}$ e $y = \text{Na, Li, Cr, Cu, Ga, Ca, Mn}$.

5) El estudio del coeficiente de variación como indicador de la dispersión del contenido en uranio dentro de cada una de las agrupaciones muestrales definidas, nos permite apreciar que aquella es mucho mayor para las familias que presentan un contenido en uranio próximo a la media del Universo muestral, mientras que está mucho más agrupado respecto de la media particular de la población en aquellas en que ésta está más alejada de la media general.

6) Como consecuencia del apartado anterior y de acuerdo con el sistema de muestreo elegido, podemos asegurar que el Universo muestral está caracterizado por la existencia de tres tipos de agrupaciones muestrales respecto del contenido en uranio, que a grandes rasgos podemos asimilar a las siguientes divisiones

a) Agrupaciones con elevado contenido en uranio, en las que éste queda fijado por procesos que analizaremos más adelante.

b) Familias litológicas prácticamente no mineralizadas.

c) Grupo intermedio, en el que la fijación del uranio ha tenido que producirse por fenómenos de tipo diferente a los del grupo a).

7) Mediante el cálculo por regresión múltiple escalonada, hemos obtenido las ecuaciones que regulan la presencia del uranio con el resto de elementos, observándose que las ecuaciones obtenidas son diferentes para el Universo muestral y los diferentes subconjuntos muestrales definidos, y no sólo en cuanto a los valores de coeficientes de las ecuaciones, cosa que es de esperar, sino también en cuanto a los parámetros que se supone son independientes y condicionantes de la existencia del uranio.

Esto induce a pensar en que realmente el uranio es independiente de la existencia de los elementos químicos analizados.

8) Como confirmación de lo anterior, del estudio de la asociación de parámetros y de la inexistencia de relaciones del tipo Uranio/resto de parámetros, deducimos que las relaciones existentes se deben a afinidades químicas, leyes de valencia ó volúmen atómico, etc, sin que se aprecien variaciones que puedan atribuirse a fenómenos del tipo de flujos termodinámicos o físico-químicos.

La variabilidad de relación que muestra el uranio con el resto de parámetros analizados nos hace suponer en la influencia de otro tipo de fenómenos de los analizados en el presente capítulo.

9) Del estudio de optimización de agrupaciones muestrales y de las probabilidades de semejanza hemos deducido que los parámetros significativos en cuanto a definición de los diferentes subconjuntos podemos dejarlos resumidos en Na, Mg, Mn, K, - Cr y Li, en orden decreciente de aporte al discriminante (desde 21.17% para el Na a 11.06 para Li), por lo que en los estudios posteriores podremos prescindir del análisis del resto de parámetros.

10) Las agrupaciones muestrales definidas están suficientemente bien delimitadas, con valores de probabilidad asociados a la diferenciación que se sitúan alrededor del 99%, con máximos de 100%, excepto para las comparaciones efectuadas para las familias 1 y 2 (78%), 1 y 6 (65%), 2 y 3 (86%), 5 y 6 (80%) y 6 y 7 (57%).

V.7.

DETERMINACION DE LA RELACION DEL URANIO CON EL AMBIENTE
FISICO-QUIMICO. ESTUDIO DE LOS PARAMETROS U_3O_8 , pH, Eh, rH.

V.7.1. INTRODUCCION.

El ambiente físico-químico, o mejor, las condiciones ambientales de Eh y pH son los condicionantes de los estados de valencia del uranio, y con frecuencia son los únicos reguladores, - junto con el flujo de fluidos, de la conservación o lixiviación de un yacimiento. Es por esto por lo que teniendo en cuenta las extrañas relaciones (o nó relación) que según los estudios anteriores existen entre el uranio y el resto de elementos químicos se han determinado las condiciones ambientales correspondientes a muestras con proporciones variables de uranio, tratando - de localizarlas dentro de unos dominios de estabilidad. De acuerdo con la manera de agruparse estas muestras y su relación con el contenido en uranio, podremos deducir conclusiones genéticas interesantes.

Comenzaremos, como siempre, analizando el Universo muestral, para tratar de identificar en él posibles agrupaciones muestrales diferentes que corresponden a litologías ó características individualizadas.

V.7.2. IDENTIFICACION DE AGRUPACIONES MUESTRALES

Hemos analizado mediante GECLUS las posibles agrupaciones entre las muestras de las que disponemos de datos de U_3O_8 , Eh, pH y rH, para poder determinar después la relación existente - entre el uranio y el ambiente físico-químico.

Tras diferentes pruebas y transformaciones de datos, se - ha obtenido que la transformación óptima es la correspondiente a $y = \ln(x)$, con el coeficiente de Imbrie, $\cos \theta$, ponderando.

El coeficiente medio de asociación determinado es 0.9716 permitiendo la separación de 4 familias, que llamamos A,B,C y D.

Como previamente y por necesidades de cálculo hemos eliminado las muestras correspondientes a los valores negativos de Eh, tenemos en realidad cinco agrupaciones A,B,C,D y E, según contenidos crecientes en U y siendo E la agrupación correspondiente a valores negativos de Eh.

Las referencias de las muestras correspondientes a cada familia, son:

- A 17711, 17829, 17713, 17787, 17839, 17754, 17710, 17762, 17751, 17760, 17841, 17723
- B 17730, 17783, 17816, 17781, 17782, 17784, 17792, 17838, 17719, 17720, 17755, 17715, 17789.
- C 17729, 17773, 17718, 17714, 17780, 17732, 17786, 17736, 17842, 177830, 17837.
- D 17687, 17817, 17685, 17688, 17699, 17717, 17840, 17695, 17708, 17725, 17731, 17726, 17705, 17737, 17767, 17706, 17810.
- E 17863, 17864, 17865, 17727.

Los datos estadísticos correspondientes a estas agrupaciones muestrales están representados en la Tabla V.7.1.

V.7.3 CALCULOS DE INTERDEPENDENCIAS PARAMETRICAS

Para establecer las posibles relaciones entre parámetros utilizaremos como siempre el programa GETRES.

Efectuaremos primeramente el análisis de los coeficientes de correlación y el cálculo de las rectas de regresión de las muestras representadas por datos de U_3O_8 , Eh, pH, rH, sin separar familias y con datos sin transformar.

Tabla V.7.1.

DATOS ESTADISTICOS DE Eh, pH, rH, U_3O_8 TOTAL DE MUESTRAS:

	μ	σ	C.V.
pH	3.8122	1.11	0.29
Eh	474.73	299.23	0.48
rH	23.71	6.35	0.26
U_3O_8	0.2938	0.30	1.04

FAMILIA A: (17711 \rightarrow 17841)

	μ	σ	C.V.
pH	3.149	0.460	0.146
Eh	590.833	45.817	0.0775
rH	26.329	1.502	0.57
U_3O_8	0.804	0.265	0.330

FAMILIA B: (17730 \rightarrow 17789)

	μ	σ	C.V.
pH	3.415	0.731	0.214
Eh	552.307	62.736	0.113
rH	25.553	1.906	0.074
U_3O_8	0.277	0.060	0.218

FAMILIA C: (17729 \rightarrow 17837)

	μ	σ	C.V.
pH	3.427	0.638	0.186
Eh	525.454	146.312	0.278
rH	24.667	4.077	0.165
U_3O_8	0.161	0.028	0.176

FAMILIA D: (17867 \rightarrow 17810)

	μ	σ	C.V.
pH	4.358	1.230	0.282
Eh	472.352	122.450	0.259
rH	24.729	3.088	0.124
U_3O_8	0.058	0.031	0.537

FAMILIA E: (1863 \rightarrow 17865)

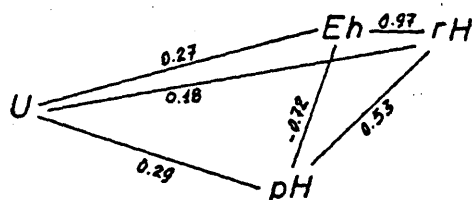
	μ	σ	C.V.
pH	5.825	0.776	0.133
Eh	-255.0	81.853	0.320
rH	3.007	1.647	0.547
U_3O_8	0.181	0.234	1.291

Los coeficientes están representados en el siguiente cuadro:

Tabla V.7.2.

	Eh	pH	rH
U_3O_8	0.2323	- 0.2945	0.1811
Eh		- 0.7210	0.9702
pH			- 0.5319

O bien, con una visualización gráfica:



En el cálculo de las rectas de regresión, obtenemos:

Para el U_3O_8

Valor medio = 0.2938, con error estándar = 0.3082

$$U_3O_8 = 0.547014 - 0.07672 \text{ pH} + 0.00166 \text{ rH}$$

Con error estándar de 0.2998

$$F = 0.0496 \quad \text{Probabilidad } (3, 52) = 0.0148$$

Como esta probabilidad es prácticamente nula, decidimos -
que el U es solamente función de pH, obteniéndose:

$$U_3O_8 = 0.605583 - 0.08177 \text{ pH}$$

$$F = 5.223 \quad P(3, 52) = 0.9914$$

$$E.s. = 0.2972$$

Para el pH.

Valor medio = 1.812, con error estándar = 1.1103

$$\text{pH} = 0.002039 - 0.01694 \text{ Eh} + 0.49977 \text{ rH} - 0.00071 \text{ U}_3\text{O}_8$$

Con error estándar = 0.0011

$$F = 1.839 \quad P(4, 52) = 0.7528$$

Si despreciamos la relación con U_3O_8 , obtenemos:

$$\text{pH} = 0.001650 - 0.01694 \text{ Eh} + 0.4998 \text{ rH}$$

Con $P(3, 52) = 1.00$ y $\text{E.s.} = 0.0013$.

Para el Eh.

Valor medio = 474.737 con error estándar = 229.238

$$\text{Eh} = 0.119621 + 29.49829 \text{ rH} - 0.04193 \text{ U}_3\text{O}_8 - 59.02317 \text{ pH}$$

Con error estándar = 0.0777

$$F = 1.4125 \quad P(4, 52) = 0.7572$$

Si despreciamos la influencia de U_3O_8 , obtenemos:

$$\text{Eh} = 0.096672 - 59.01996 \text{ pH} + 29.49822 \text{ rH}$$

Con $P(3, 52) = 1.000$ y $\text{E.s.} = 0.078$

Para el rH.

Valor medio = 23.718. Error estándar = 6.3580

$$\text{rH} = 0.004046 + 0.00142 \text{ U}_3\text{O}_8 + 2.0009 \text{ pH} + 0.0339 \text{ Eh}$$

Con error estándar 0.0026

$$F = 1.3908 \quad P(4, 52) = 0.75$$

Si no tenemos en cuenta el U_3O_8 , obtenemos:

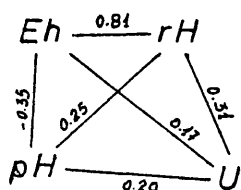
$$\text{rH} = -0.003268 + 2.0008 \text{ pH} + 0.0339 \text{ Eh}$$

$P(3, 52) = 1.000$ con $\text{E.s.} = 0.0026$

Estudiaremos ahora, mediante GETRES los coeficientes de correlación entre las variables para cada una de las agrupaciones así obtenidas y determinamos cuál es su ecuación de regresión.

FAMILIA A)

Con doce muestras, presenta un elevado contenido en U, con media de 0.804, mínimo pH= 3,15 y máximo Eh= 590.83.



Error estándar de $U_3O_8 = 0.2656$

Determinada la ecuación de regresión, obtenemos como mejor:

$$U_3O_8 = -0.627257 + 0.05437 \text{ rH.}$$

Con $F = 1.04$ (2/7), lo que da una probabilidad del 0.5990.

Si forzamos la introducción de otra variable, tenemos:

$$U_3O_8 = -0.714801 - 0.00132 \text{ Eh} + 0.08728 \text{ rH.}$$

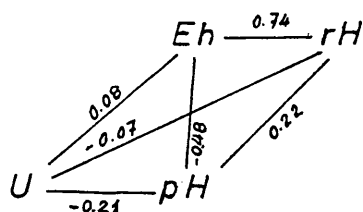
Con $F = 0.172$ $P(3,7) = 0.088$

E.s. = 0.27

Luego en esta familia, el U es prácticamente independiente de Eh y pH, ajustándose sólo un poco al rH, combinación de ambos.

FAMILIA B)

Con 13 muestras



Error estándar de $U_3O_8 = 0.060$.

Determinada la ecuación de regresión se obtiene como mejor:

$$U_3O_8 = 0.336399 - 0.01739 \text{ pH.}$$

$$\text{Con } F = 0.5066 \quad P(2, 8) = 0.379$$

$$\text{E.s. } U_3O_8 = 0.061$$

Si forzamos la entrada de otro parámetro, la ecuación queda:

$$U_3O_8 = 0.354531 - 0.01848 \text{ pH} - 0.00003 \text{ Eh}$$

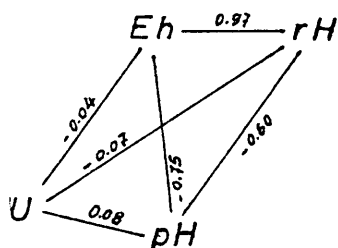
$$\text{Con } F = 0.0058 \quad P(3, 8) = 0.0007$$

$$\text{E.s.} = 0.064.$$

Luego, también aquí el U_3O_8 es independiente, en este caso prácticamente de todos los parámetros, pues sólo al correlacionarlo con el pH se obtiene un ajuste mejor, aunque muy bajo, de probabilidad $\simeq 38\%$

FAMILIA C)

Con 11 muestras.



Error estándar de $U_3O_8 = 0.0284$

La mejor ecuación de regresión que hemos obtenido, es:

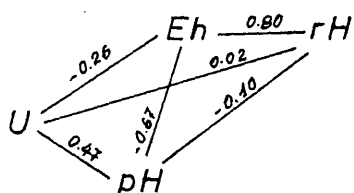
$$U_3O_8 = 0.228883 - 0.00933 \text{ pH} - 0.00142 \text{ rH}$$

$$\text{Con } F = 0.215 \quad P(3, 6) = 0.11$$

$$\text{E.s.} = U_3O_8 = 0.0313.$$

FAMILIA D)

Con 17 muestras

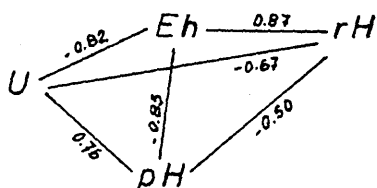
Error estándar de $U_3O_8 = 0.0313$

Ecuación de la recta de regresión óptima:

$$U_3O_8 = 0.005202 + 0.01221 \text{ pH}$$

Con $F = 4.443$ $P(2, 12) = 0.964$ E.s. $U_3O_8 = 0.028$ FAMILIA E)

4 muestras.

Error estándar de $U_3O_8 = 0.2343$

Ecuación de la recta de regresión óptima:

$$U_3O_8 = -0.41997 - 0.00236 \text{ Eh}$$

Con $F = 4.2268$ $P(2, 1) = 0.674$ E.s. $U_3O_8 = 0.162$

Forzando la introducción de otra variable. obtenemos:

$$U_3O_8 = -0.648 - 0.00289 \text{ Eh} + 0.03042 \text{ rH}$$

Con $F = 0.034$ $P(3, 1) = 0.0126$ E.s. $U_3O_8 = 0.22$

De las ecuaciones obtenidas vemos que las rectas de regresión sólo presentan una probabilidad aceptable cuando se correlaciona la variable U_3O_8 con un parámetro, y que en general siempre esta probabilidad es muy baja. Este parámetro es:

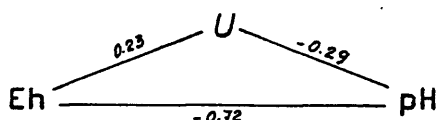
Para la familia A:	rH
"	" B y D: pH
"	" C: pH, rH
"	" E: Eh

Observamos que en la familia con el máximo contenido en uranio, E, el parámetro al que se asocia el U es Eh, mientras que para la de mínimo contenido, D, el parámetro asociante es pH, al igual que en B y C.

La familia A, también de elevado contenido en U, se asocia con rH.

Como los resultados obtenidos no son lo suficientemente claros, hemos efectuado un análisis del Universo muestral incluyendo las muestras de la familia E con Eh negativos, y sin tener en cuenta los valores de rH, combinación de Eh y pH. Los resultados han sido:

Coefficientes de correlación:



U₃O₈

Valor medio= 0.2938 E.s.= 0.3082

Con pH:

F= 5.2332 P(2, 53)=0.9915 con E.s.= 0.2972

U₃O₈= 0.605583 - 0.08177 pH

Si añadimos Eh, la probabilidad obtenida es muy pequeña:

F= 0.0493 P(3, 53)= 0.0147 E.s.= 0.2998

U₃O₈= 0.547159 - 0.7342 pH + 0.00006 Eh

Luego el Eh no tiene influencia sobre el U₃O₈, que en cambio si que está correlacionado con el pH con una probabilidad que sobrepasa el 99%

pH

Valor medio = 3.81 E.s.= 1.1103

Con Eh:

F= 59.5739 P(2, 53)= 1.00 E.s.= 0.7762

pH= 5.470381 - 0.00349 Eh.

Con U₃O₈:

F= 1.9867 P(3, 53)= 0.8729 E.s.= 0.7693

pH = 5.540705 - 0.00334 Eh - 0.48331 U₃O₈

Naturalmente, el pH aparece correlacionado con el Eh con una probabilidad del 100%, y al introducir el U₃O₈ la probabilidad continúa siendo elevada, del 87%.

Eh

Valor medio= 474.737 E.s.= 229.238

Con pH:

F= 59.5739 P(2,53)= 1.000 E.s.= 160.2651

Eh= 1042.277756 - 148.87177 pH

Con U_3O_8 :

F= 0.04935 P(3,5)= 0.0147 E.s.= 161.6683

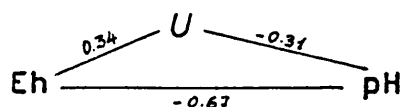
Eh= 1032.412094 + 16.29119 U_3O_8 - 147.53967 pH.

Al igual que en el caso anterior, el Eh aparece íntimamente correlacionado con el pH, con probabilidad 100, pero al introducir el U_3O_8 la correlación se hace prácticamente nula.

De este estudio se desprende que existe, como era de esperar, una estrecha relación ($P= 1.00$) entre Eh y pH, pero que el U no mantiene ninguna relación con Eh, estando regulado exclusivamente por el pH.

Suponiendo que los valores negativos de Eh en algunas muestras pudieran perturbar la asociación estadística, hemos realizado un nuevo análisis para el Universo muestral, sin tener en cuenta aquéllas muestras, a las que en este caso suponemos que son muestras anómalas. Asimismo, en este estudio hemos prescindido del rH.

Coeficiente de correlación



U₃O₈

Valor medio=0.3023 E.s.= 0.3132

Con Eh:

F= 6.75 P(2, 49)= 0.9974 E.s.= 0.2972

U₃O₈= - 0.212728 + 0.00097 Eh.

Con Eh y pH:

F= 0.8145 P(3, 49)= 0.5080 E.s.= 0.2977

U₃O₈= 0.141236 - 0.05172 pH + 0.00066 Eh

pH

Valor medio =3.66 E.s.= 0.9786

Con Eh:

F= 43.0853 P(2, 49)= 1.00 E.s.= 0.7275

pH= 6.843443 - 0.00601 Eh

Con U₃O₈:

F= 0.8145 P(3, 49)= 0.5080 E.s.= 0.7289

pH= 6.777519 - 0.00571 Eh - 0.3099 U₃O₈

Eh

Valor medio= 529.811 E.s.= 110.2355

Con pH.

F= 43.0853 P(2, 49)= 1.00 E.s.= 81.95

Eh= 808.8142 - 76.2224 pH

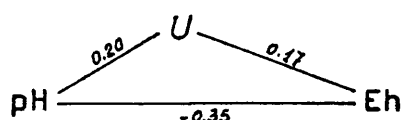
Con U₃O₈:

F= 1.6898 P(3, 49)=0.8186 E.s.= 81.40

Eh= 775.3918 + 49.4264 U₃O₈ - 71.17 pH.

Puesto que los valores de las probabilidades de correlación obtenidas con los dos estudios anteriores eran buenos, se ha efectuado el estudio de las familias separadas, sin tener en cuenta el parámetro r_H , obteniéndose, efectivamente, una mejor correlación que la que se obtuvo en el primer análisis. Los resultados obtenidos mediante la aplicación del programa GETRES los exponemos a continuación:

FAMILIA A.



Ecuación de las rectas de regresión:

U_3O_8 : error estándar= 0.2656

Paso 1:

$F = 0.4313$ $P(2, 8) = 0.33$

$U_3O_8 = 0.434413 + 0.11738 \text{ pH}$

Paso 2:

$F = 0.7117$ $P(3, 8) = 0.42$

$U_3O_8 = -0.716287 + 0.1748 \text{ pH} + 0.00164 \text{ Eh}$

Para el pH y Eh, obtenemos:

$\text{pH} = 5.235294 - 0.00353 \text{ Eh}$

$P(2, 8) = 0.70$

$\text{pH} = 5.140907 - 0.00402 \text{ Eh} + 0.4747 U_3O_8$

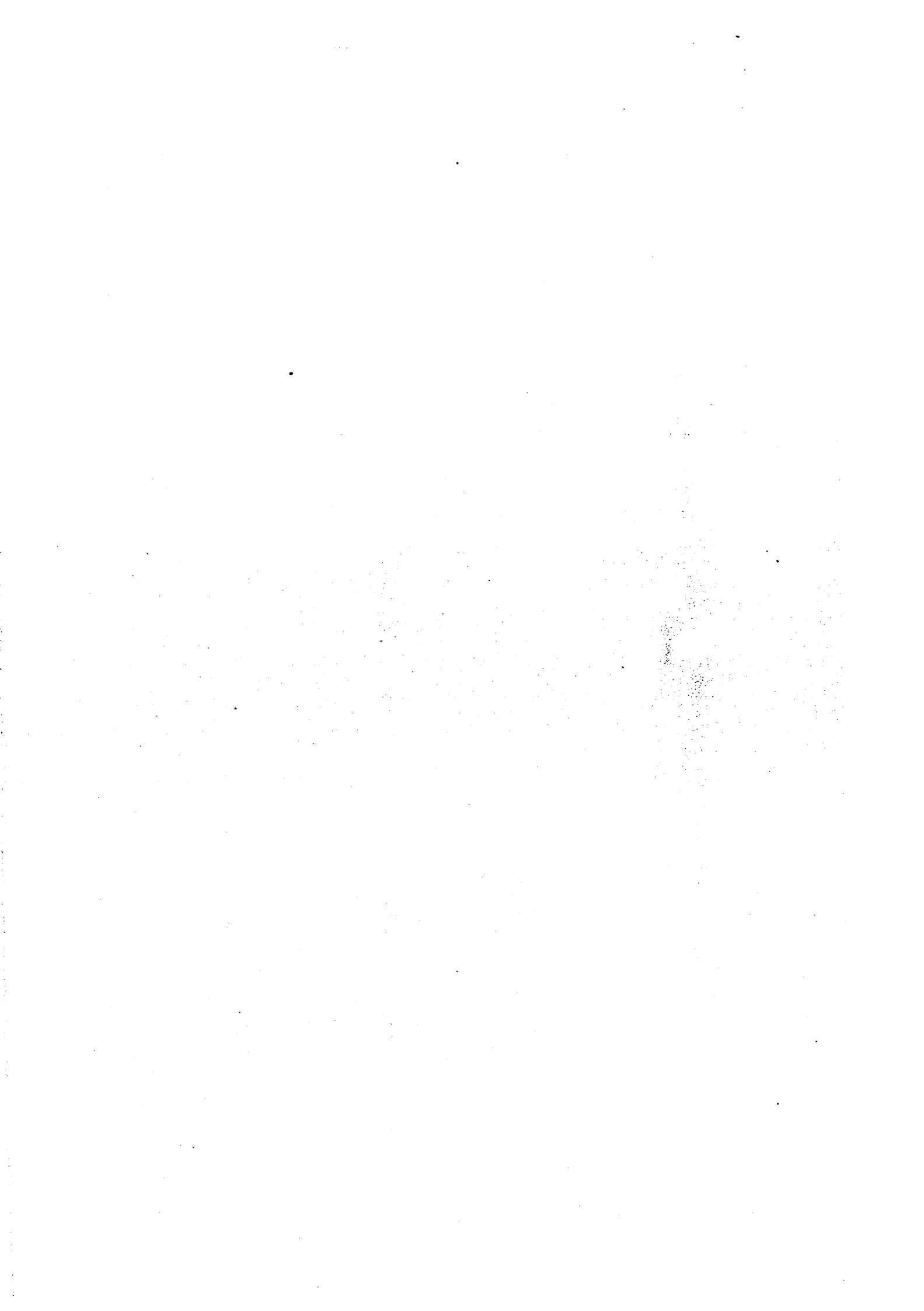
$P(3, 8) = 0.47$

$\text{Eh} = 701.015732 - 34.97854 \text{ pH}$

$P(2, 8) = 0.70$

$\text{Eh} = 681.620934 - 40.21917 \text{ pH} + 44.64595 U_3O_8$

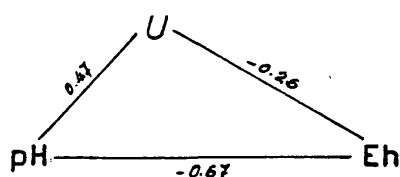
$P(3, 8) = 0.42$



Para Eh y pH, obtenemos:

$$\begin{array}{ll}
 \text{pH} = 5.166664 - 0.00331 \text{ Eh} & P(2,7)=0.99 \\
 \text{pH} = 5.599514 - 0.00333 \text{ Eh} - 2.60809 \text{ U}_3\text{O}_8 & P(3,7)=0.14 \\
 \text{Eh} = 1120.456553 - 173.60802 \text{ pH} & P(2,7)=0.99 \\
 \text{Eh} = 1215.675644 - 175.68176 \text{ pH} - 544.51119 \text{ U}_3\text{O}_8 & P(3,7)=0.11
 \end{array}$$

FAMILIA D



Ecuación de las rectas de regresión:

$$\text{U}_3\text{O}_8 \text{ Error estándar} = 0.031$$

Paso 1:

$$\begin{array}{ll}
 F = 4.443 & P(2,13) = 0.96 \\
 \text{U}_3\text{O}_8 = 0.005202 + 0.01221 \text{ pH}
 \end{array}$$

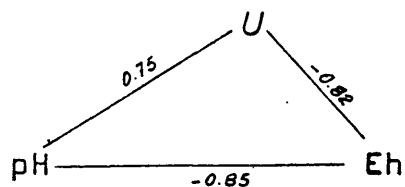
Paso 2:

$$F = 0.098 \quad P(3,13) = 0.04$$

$$\text{U}_3\text{O}_8 = -0.014299 + 0.01392 \text{ pH} + 0.00003 \text{ Eh}.$$

Para Eh y pH, tenemos:

$$\begin{array}{ll}
 \text{pH} = 7.551120 - 0.00676 \text{ Eh} & P(2,13) = 0.99 \\
 \text{pH} = 6.409815 - 0.00590 \text{ Eh} + 12.57036 \text{ U}_3\text{O}_8 & P(3,13) = 0.92 \\
 \text{Eh} = 764.612968 - 67.05021 \text{ pH} & P(2,13) = 0.99 \\
 \text{Eh} = 763.182114 - 70.40792 \text{ pH} + 275.05625 \text{ U}_3\text{O}_8 & P(3,13) = 0.0
 \end{array}$$

FAMILIA E.

Ecuación de las rectas de regresión:

U_3O_8 : Error estándar = 0.234

Paso 1:

$F = 4.22$ $P(2,0) = 1.000$

$U_3O_8 = -0.41997 - 0.00236 \text{ Eh}$

Paso 2:

$F = 0.034$ $P(3,0) = 1.000$

$U_3O_8 = -0.647758 - 0.00186 \text{ Eh} + 0.06073 \text{ pH}$

Para el Eh y pH, obtenemos:

$\text{pH} = 3.750746 - 0.00813 \text{ Eh}$

$P(2,0) = 1.0$

$\text{pH} = 3.980932 - 0.00684 \text{ Eh} + 0.54810 U_3O_8$

$P(3,0) = 1.0$

$\text{Eh} = 271.908691 - 90.45643 \text{ pH}$

$P(2,0) = 1.0$

$\text{Eh} = 107.651234 - 57.82568 \text{ pH} - 142.24066 U_3O_8$

$P(3,0) = 1.00$

V.7.4 CALCULO DE IDENTIDAD/DIFERENCIACION ENTRE AGRUPACIONES MUESTRALES.

Efectuaremos ahora las comparaciones entre las 5 agrupaciones muestrales, para poder determinar mediante la función F la probabilidad de semejanza y la importancia de los parámetros, - utilizando el programa GECYS.

FAMILIAS A y B:

$$F = 11.077 \quad P(4, 20) = 0.9999$$

$$\text{Distancia} = 8.16 \quad R_o = 6.41$$

Aporte de cada parámetro al discriminante.

$$pH = 0.68 \%$$

$$Eh = 5.99 \%$$

$$rH = 2,90 \%$$

$$U_3O_8 = 90.41 \%$$

Luego estas dos familias son diferentes únicamente por su contenido en uranio. En efecto, el valor $\overline{U_3O_8} = 0.80$ con $\sigma = 0.26$, C.V. = 0.33, para la F.1 y $\overline{U_3O_8} = 0.27$ y $\sigma = 0.66$, y C.V. = 0.21 para la segunda, que nos muestran la gran diferencia existente.

FAMILIAS A y C:

$$F = 14.60 \quad P(4, 18) = 1.00$$

$$D = 11.87 \quad R_o = 1.47$$

Aporte de cada parámetro al discriminante:

$$pH = 7.18 \%$$

$$Eh = 34,26 \%$$

$$rH = 25,99 \%$$

$$U_3O_8 = 32,55 \%$$

El parámetro de mayor aporte es E_h , pero presenta poca diferencia con rH y sobretodo con U_3O_8 , cosa que era de esperar según se desprende de los valores:

E_h	590.83	525.45	45.81	146.30	0.07	0.27
rH	26.32	24.66	1.50	4.07	0.05	0.16
U_3O_8	0.80	0.16	0.26	0.02	0.33	0.17

FAMILIAS A y D

$$F = 34.56 \quad P(4.24) = 1.00$$

$$\text{Distancia} = 22.11 \quad R_o = 2.46$$

Aporte de cada parámetro al discriminante:

$$pH = 24.09 \%$$

$$E_h = 35.12 \%$$

$$rH = 13.95 \%$$

$$U_3O_8 = 26.83 \%$$

Y los parámetros diferenciadores de estas dos agrupaciones serán E_h y U_3O_8 , así como también un poco el pH , lo que de acuerdo con los valores de las medias y dispersiones correspondientes, tal como se muestra en el cuadro siguiente:

E_h	590.83	408.57	0.45	108.69	0.07	0.26
pH	3.14	5.25	0.46	1.31	0.14	0.25

La posible duda que pudiera haber en cuanto al aporte al discriminante del U_3O_8 que es pequeño en relación con la gran diferencia que hay entre las medias (10:1), puede explicarse - teniendo en cuenta que la dispersión en las dos familias es muy grande, por lo que la separación entre ellas con este solo parámetro quedaría indeterminada.

FAMILIAS A y E:

$$F = 155.51 \quad P(4, 11) = 1.00$$

$$\text{Distancia} = 263.90 \quad Ro = 170.56$$

Aporte de cada parámetro al discriminante:

$$pH = 9.31 \%$$

$$Eh = 50.45 \%$$

$$rH = 40.20 \%$$

$$U_3O_8 = 0.026 \%$$

Y es de observar la enorme representatividad del Eh en la separación de familias respecto a los demás parámetros.

FAMILIAS B y C:

$$F = 7.78 \quad P(4, 19) = 0.9993$$

$$\text{Distancia} = 6.04 \quad Ro = 18.92$$

Aporte de cada parámetro al discriminante:

$$pH = 0.81 \%$$

$$Eh = 28.36 \%$$

$$rH = 26.38 \%$$

$$U_3O_8 = 44.44 \%$$

Y de nuevo es el uranio el que diferencia las familias, - mientras que los factores del ambiente fisicoquímico quedan muy iguales.

FAMILIAS B y D:

$F = 40.96$ $P (4, 25) = 1.00$
 $\text{Distancia} = 24.91$ $R_o = 13.66$

Aporte de cada parámetro al discriminante:

$pH = 26.15 \%$
 $Eh = 35.13 \%$
 $rH = 10.50 \%$
 $U_3O_8 = 27.90 \%$

La definición viene aquí estipulada por los parámetros pH y Eh, fundamentalmente por el segundo, aunque también hay que señalar la gran importancia del uranio.

FAMILIAS B y E:

$F = 123.39$ $P (4, 15) = 1.00$
 $\text{Distancia} = 201.70$ $R_o = 144.49$

Porcentaje de aporte de cada parámetro al discriminante:

$pH = 1.68 \%$
 $Eh = 50.32 \%$
 $rH = 40.85 \%$
 $U_3O_8 = 1.68 \%$

Tal como era de esperar, es Eh el parámetro más significativo, siendo un aspecto destacable la casi nula aportación del U_3O_8 a la diferenciación entre familias, lo que nos señala un enriquecimiento análogo en ambas agrupaciones.

FAMILIAS C y D:

$F = 24.61$ $P (4, 23) = 1.00$
 $\text{Distancia} = 16.66$ $R_o = 0.77$

Aporte de cada parámetro al discriminante:

$$pH = 35.48 \%$$

$$Eh = 29.25 \%$$

$$rH = 0.99 \%$$

$$U_3O_8 = 34.26 \%$$

Prácticamente todos los parámetros, excepto el rH, tienen un aporte significativo al discriminante, lo que nos indica la gran diferencia existente entre las dos familias en cuanto a localización en un ambiente fisico-químico determinado y a su situación dentro del contexto del Universo Muestral.

FAMILIAS C y E:

$$F = 20.50 \quad P(4,10) = 0.99$$

$$\text{Distancia} = 36.35 \quad Ro = 25.16$$

Aporte de cada parámetro al discriminante:

$$pH = 9.06 \%$$

$$Eh = 50.14 \%$$

$$rH = 40.79 \%$$

$$U_3O_8 = 0.001 \%$$

El parámetro diferenciador es Eh, que prácticamente es el único importante, en cuanto que rH es una combinación de Eh y pH. Hay que señalar la poca diferenciación aportada por el U_3O_8 .

FAMILIAS D y E:

$$F = 38.28 \quad P(4,16) = 1.00$$

$$\text{Distancia} = 56.16 \quad Ro = 52.06$$

Aporte de cada parámetro al discriminante:

pH = 6.00 %

Eh = 50.54 %

rH = 43.44 %

U₃O₈ = 0.003 %

Las familias están perfectamente separadas, siendo el Eh el mejor parámetro diferenciador, como siempre que tratamos de comparar la familia E con alguna de las demás. También debemos de reseñar aquí la escasa importancia que tiene al uranio en la diferenciación.

V.7.5.

CONCLUSIONES

Del estudio estadístico efectuado con los datos determinados para los parámetros físico-químicos Eh, pH y rH junto con el contenido en U_3O_8 de las muestras para determinar las posibles relaciones existentes, se pueden deducir las siguientes conclusiones:

1) Se puede alcanzar la definición de cinco familias, diferenciadas de manera suficiente como para considerarlas independientes, tal como señala el análisis comparativo efectuado mediante el discriminante multivariante.

2) los cálculos de interdependencias paramétricas para el Universo Muestral y teniendo en cuenta el rH nos señalan que la asociación del uranio no es demasiado elevada, pues solamente se alcanzan valores para los coeficientes de correlación de 0.29 para el pH y de 0.23 para el rH. En cambio, se obtiene una probabilidad del 99% para la ecuación de la recta de regresión del uranio con el pH, con un error estándar por debajo del correspondiente a los datos observados.

Por otra parte, debemos remarcar que en la recta de regresión Eh-pH que en condiciones normales y para soluciones diluídas debe ajustarse a la conocida ecuación de Nernst, $Eh = E^0 + 1/n \log Q - 0.059 \text{ pH}$, está bastante bien ajustada, en cuanto que el coeficiente angular obtenido es - 0.05902, lo que indica que el Universo Muestral, en su mayor parte, corresponde a un sistema de interacción de soluciones diluídas,

3) El estudio por separado de cada una de las familias - obtenidas presenta un amplio espectro de posibilidades, en cuanto que el uranio aparece correlacionado con los parámetros físico-químicos con valores muy dispares. Sólomente en la agrupación muestral que hemos llamado familia E, correspondiente a un ambiente reductor, obtenemos una asociación del uranio con el Eh que proporciona un coeficiente de correlación de valor 0.82, lo cual señala que indudablemente aquél parámetro ha sido uno de los condicionantes de la precipitación del uranio, según el modelo que se presenta en VI.8.

Las asociaciones en el resto de agrupaciones son en general pequeñas, con un máximo de 0.47 para uranio-pH en la familia D. Esto nos señala que en el proceso de precipitación el parámetro condicionante ha debido ser otro diferente a los que aquí se - han considerado y puesto que ya en capítulos anteriores (V.5. y V.6) hemos deducido la independencia del uranio respecto al químico mismo de la roca, deberemos suponer que el fenómeno debe responder a una propiedad inherente al mismo uranio; este factor de - precipitación podemos suponer que ha sido el potencial químico del uranio, es decir, la concentración de iones uranilo en las soluciones.

4) Si se eliminan en el tratamiento estadístico los valores de rH, combinación lineal de Eh y pH, los coeficientes de correlación entre parámetros obtenidos para el Universo Muestral toman mayor valor, pero en modo alguno pueden ser considerados como aceptables para establecer una inequívoca correspondencia entre el contenido en uranio y Eh ó pH. Esto era de esperar más - aún en cuanto que en el análisis efectuado, además de rH se han eliminado las muestras procedentes de ambientes reductores, única agrupación que, como hemos visto antes, proporciona una relación estrecha entre los parámetros considerados.

Por otra parte, el coeficiente de la recta de regresión Eh-pH toma el valor - 0.076, ya alejado del teórico, lo que nos -

indica un alejamiento de las condiciones estándar y por tanto nos permite asegurar que las soluciones no son diluídas y por tanto en algún momento se pueden alcanzar concentraciones de saturación provocando la precipitación de los iones disueltos.

5) Ampliando el estudio a cada una de las agrupaciones muestrales obtenemos de nuevo coeficientes de correlación entre parámetros de valores muy bajos, excepto para la familia E, donde se alcanzan valores de 0.82 para uranio-Eh y 0.75 para uranio-pH.

Las rectas de regresión nos indican que el uranio está regulado por pH en las agrupaciones A, B, C y D, mientras que en la familia E está enlazado con Eh, y mediante un razonamiento análogo al desarrollado en la conclusión 3, debemos llegar a suponer que el proceso de formación de minerales de uranio ha quedado condicionado por excesos de concentración de iones uranilo en las soluciones para las cuatro primeras familias, mientras que en la última, E, la relación U-Eh es lo suficientemente elevada como para permitirnos suponer que ha sido este parámetro el condicionante de la precipitación.

La variabilidad en las concentraciones viene demostrada por otra parte por las relaciones Eh-pH, pues los coeficientes de las rectas de regresión obtenidos para las familias A (-0.034) B (-0.041), C (-0.173) y D (-0.067) son lo suficientemente diferentes del valor teórico como para considerar que las soluciones no son diluídas. Por el contrario, para la familia E, con probabilidad que alcanza el 100%, obtenemos la ecuación -

$$Eh = 107.651234 - 142.24066 U_3O_8 - 57.82568 pH,$$

que teniendo en cuenta que Eh lo hemos determinado en milivoltios, podríamos asimilarlo a $Eh = E^0 + Q - 0.05782 pH$, con coeficiente angular lo suficientemente próximo al teórico 0.059 -

como para considerar que se trata de precipitaciones a partir - de soluciones diluídas.

6) Como consecuencia de todo el estudio de relaciones interparamétricas podemos deducir que el proceso de concentración del uranio en las agrupaciones A,B,C y D se ha efectuado a partir de soluciones no diluídas, quedando condicionado por las - concentraciones del ión uranilo, el cual precipitará al sobrepasarse el producto de solubilidad. Por el contrario, en la familia E, representativa del ambiente reductor, nos encontramos - con un proceso de precipitación de iones a partir de soluciones diluídas según un fenómeno en el que ejerce principal influencia la variación del parámetro Eh.

7) Como resumen del estudio comparativo de las agrupaciones muestrales deducimos que la familia con características más peculiares es la E, diferenciada de todas las demás por los valores que toma el parámetro indicador del estado de oxidación-reducción, Eh. Hay que hacer notar la señalada indiferencia que presenta el uranio en cuanto a la definición de esta familia, - probablemente debido a la gran dispersión que presenta este parámetro en las muestras representativas de la familia.

La poca significación del pH en la definición de la familia C con la A y B nos señala que, aquélla se sitúa en un ambiente intermedio entre las otras dos, respecto del tipo de soluciones circulantes.

La familia D, la mejor caracterizada por el conjunto de parámetros respecto de todas las demás deberemos considerarla como independiente en cuanto a su evolución fisico-química, - constituyendo por tanto el principio o final del proceso de movilización o fijación del uranio.

V.8. ANALISIS DE LOS DATOS DE ESTUDIO DE LAMINAS DELGADAS

V.8.1. INTRODUCCION

Las observaciones de minerales en preparaciones de láminas delgadas con microscopio polarizante, tal como se especificaba en un capítulo anterior, pueden ser utilizadas mediante la aplicación de una metodología estadística, para diferenciar agrupaciones muestrales distintas existentes en un Universo Muestral.

Para ello, y aún cuando las posibilidades de codificación de datos son muy amplias, nosotros hemos optado únicamente por señalar la presencia/ausencia de determinados minerales dentro de tres categorías principales: esenciales, accesorios y traza ó de alteración. Por orden de codificación, estos minerales han sido:

MINERALES ESENCIALES: Sericita - Moscovita - Biotita - Andalucita - Clorita - Arcillas - Cuarzo - Rutilo - Turmalina - Materia grafitosa.

MINERALES SECUNDARIOS: Materia grafitosa - Cuarzo - Rutilo - Apatito - Turmalina - Esfena - Opacos - Zircón - Moscovita - Analucita - Sericita.

MINERALES ACCESORIOS Y DE ALTERACION: Limonita - Sericita - Clorita.

Con este acuerdo, las muestras quedan representadas por - una sucesión numérica compuesta por dígitos de valor 2, 1 y 0 que indican respectivamente presencia, ausencia y sin datos.

Mediante el tratamiento de las muestras así codificadas - con el programa GECLUS se obtienen hasta 16 agrupaciones muestrales diferentes, expuestas en el APENDICE, por estudio de los dendrogramas obtenidos con aplicación de distintos índices de asociación, uno de los cuales es el presentado en la figura - V.8.1.

Posteriormente, para determinar la definición de las agrupaciones muestrales ó familias y establecer índices comparativos de semejanza haremos aplicación del programa GENATI.

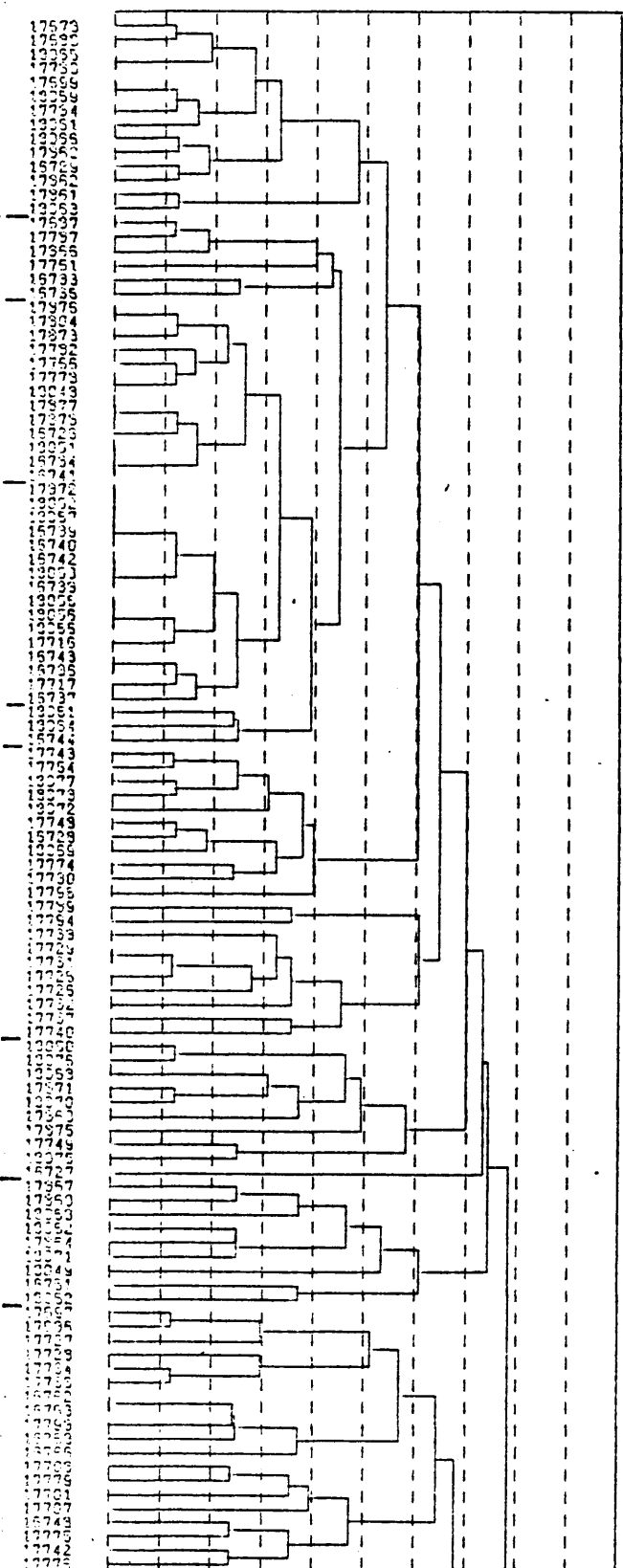
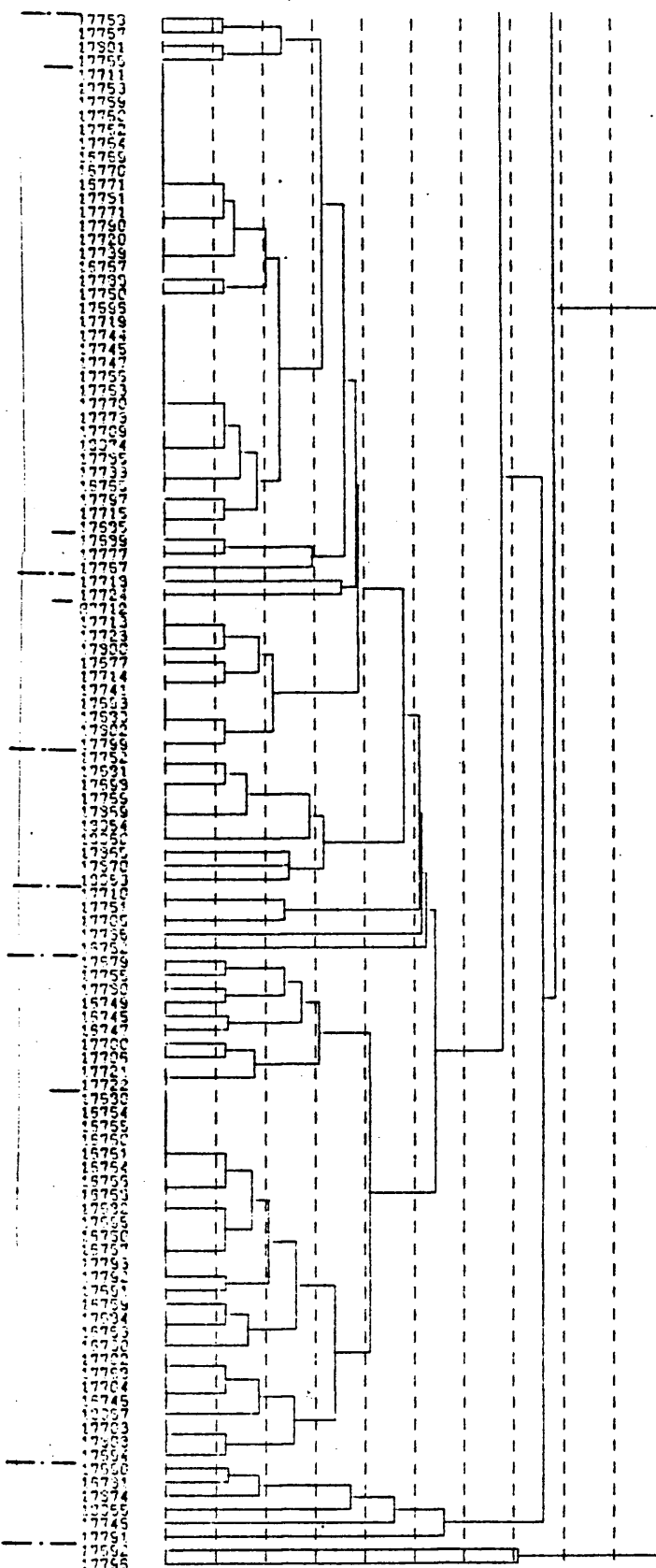
En el estudio de la contingencia entre parámetros, consideramos que la posible asociación entre dos parámetros es positiva cuando la relación entre ellos es tal que la presencia de - uno implica la ausencia del otro; podemos decir en este caso que ambos parámetros, minerales en nuestro caso, están asociados (forman paragénesis). La asociación se considera negativa cuando la presencia/ausencia de uno condiciona la ausencia/pre^sencia del otro; geológicamente podríamos asimilarlo a los procesos de zonado. Decimos que no existe asociación o que la asociación es indiferente cuando la probabilidad de presencia/ausen^ccia de uno no ejerce influencia sobre la de otro.

Hay que señalar que el caso de frecuencia 100% para un - parámetro, tanto de ausencia como de presencia, nos condiciona una indeterminación por carecer del término comparativo opuesto.

Fig. 5.8.1.

DENDROGRAMA CLUSTER
J. TENA . . EL LOBO

0.648
0.683
0.718
0.753
0.789
0.824
0.859
0.894
0.930
0.965
1.000

DATOS MICROSC.
CORRELACION DE SOKAL
MUESTRAS SIN PONDERAR

V.8.2. COMPOSICION MINERALOGIA DE LAS DIFERENTES AGRUPACIONES MUESTRALES SEGUN EL CALCULO ESTADISTICO.

Con este tipo de análisis de agrupaciones muestrales y de asociaciones entre parámetros, podemos establecer una clasificación en familias y exponer sus características. Señalaremos que los % indicados se refieren a porcentaje de aparición de un determinado mineral en el Universo muestral constituido por cada familia, y no a cuantificación ó volúmen de ese mineral en cada lámina ó en el conjunto de todas ellas.

FAMILIA 1.

Se trata de una pizarra en la que la moscovita está casi siempre presente (92,86), al igual que la biotita (85.71%). El cuarzo es componente constante (100%) y la sericita (85.71%) y andalucita (71,43%) están presentes casi siempre. Como accesorios hay que señalar que la materia orgánica es prácticamente constante (92.86%) y son frecuentes la turmalina (71.43%) y el rutilo (50%), apareciendo ocasionalmente circón (14.29%). Como mineral de alteración hay que señalar la abundancia de limonita (78.57%).

La sericita está asociada positivamente con la moscovita con una probabilidad del 99%, con el rutilo (P=87%) y con la limonita (71.25%). Negativamente aparece asociada con la biotita (P=46.71%), andalucita (66.60%), materia grafitosa (33.82%) turmalina (66.60%) y circón (75.71%).

De forma grafica podemos expresar estas probabilidades de asociación en un cuadro en el que a cada mineral le hacemos corresponder un número, de acuerdo con el siguiente código:

Minerales fundamentales:

- 1.- Sericita.
- 2.- Moscovita.
- 3.- Biotita.
- 4.- Andalucita.
- 5.- Clorita.
- 6.- Minerales de arcilla.
- 7.- Cuarzo.
- 8.- Rutilo.
- 9.- Turmalina.
- 10.- Materia Grafitosa.

Minerales accesorios:

- 11.- Materia grafitosa.
- 12.- Cuarzo.
- 13.- Rutilo.
- 14.- Apatito.
- 15.- Turmalina.
- 16.- Esfena.
- 17.- Minerales opacos.
- 18.- Circón.
- 19.- Moscovita.
- 20.- Andalucita.
- 21.- Sericita.

Minerales de alteración:

- 22.- Limonita.
- 23.- Sericita.
- 24.- Clorita.

Y el cuadro de probabilidades de contingencia sería:

Tabla V.8.2.

	2	3	4	11	13	15	18	22
1	+98.9	-.46.71	-66.60	-38.82	+87.34	-66.60	-88.10	+72.25
2		-.38.82	-48.84	-22.65	+70.06	-48.84	-98.90	+95.31
3			+53.13	-32.82	+87.43	-66.60	+46.71	-57.50
4				-48.84	+76.33	+73.83	+66.60	-.78.35
11					-70.06	-48.84	+32.82	-41.21
13						-76.33	-87.34	+42.42
15							+66.60	-78.35
18								-99.66

FAMILIA 2.

También se trata de pizarras, pero la diferencia con la anterior es que solo tiene moscovita (66.67%) y no hay biotita ni andalucita. Asimismo, la sericita es menos frecuente (50%) y el cuarzo no es omnipresente (66.67%), por existir muestras que carecen de él. Como principales minerales secundarios tenemos sericita (naturalmente, en las muestras en que no aparece como mineral principal), materia grafitosa (16.67%), apatito (16.67%) y andalucita (16.67%). El único accesorio observado es limonita, que aparece en casi todas las muestras (83.33%).

Las probabilidades de contingencia, son:

Tabla V.8.3.

	2	7	11	14	20	21	22
1	0.00	-91.67	+72.67	-72.67	-72.67	-91.67	+72.67
2		+45.97	+56.14	+56.14	+56.14	+77.93	-56.14
7			+56.14	+56.14	+56.14	+77.93	-56.14
11				-37.58	+98.57	-56.14	+37.58
14					-37.58	+87.87	-98.57
20						-56.14	+37.58
21							-87.87

FAMILIA 3.

Al igual que la familia 1, se trata de pizarra con dos micas, moscovita (100%) y biotita (100%), con cuarzo (100%); la sericita es frecuente (69.23%) y la materia grafitosa existente aparece como componente principal (7.69%). Respecto de la primera familia se diferencia en los minerales secundarios, pues no aparece circón ni materia grafitosa, siendo los más frecuentes turmalina (46.15%), andalucita (4.15%), rutilo (7.69%) y apatito - (7.69%). Como accesorio prácticamente aparece en todas las muestras la limonita (93.31%).

Las probabilidades de contingencia, son:

Tabla V.8.4.

	10	13	14	15	20	22
1	+51.52	+51.52	-88.15	-83.57	+69.23	-51.22
10		-23.62	-23.62	-66.48	-66.48	+23.62
13			-23.62	-66.48	-66.48	+23.62
14				+73.91	+73.91	+23.62
15					+20.32	+66.48
20						-73.91

FAMILIA 4:

También pizarra con dos micas, pero la moscovita es muchísimo más frecuente (100%) que la biotita (50%); tiene el cuarzo - como componente fundamental (100%) y la andalucita aparece en la mitad de las muestras (50%). No existe materia grafitosa, siendo turmalina el secundario más importante (43.75%) y aparece en una muestra apatito. Como minerales de alteración pierde importancia la limonita, pues sólo aparece en una muestra, y en otra aparece clorita.

Las probabilidades de contingencia entre parámetros, son:

Tabla V.8.5.

	14	15	22	24
1	69.83	-86.94	+69.83	+69.83
14		+73.83	-21.03	-21.03
15			-63.76	+75.84
22				-21.03

FAMILIA 5.

Muy mal representada, en cuanto que sólo está constituida - por 3 muestras, se caracterizan por la total ausencia de sericita como componente principal; con dos micas omnipresentes, moscovita y biotita, así como cuarzo (100%), siendo abundante la andalucita (33.33%). Carece de materia grafitosa, siendo accesorios apatito y turmalina y como mineral de alteración presente en todas las muestras aparece la sericita.

La tabla de probabilidades de contingencia, es:

Tabla V.8.6.

	14	15
4	-61.35	-61.35
14		-61.35

FAMILIA 6.

Carece de biotita, pero la moscovita aparece en todas las - muestras. El cuarzo (90.91%) sigue siendo componente principal - prácticamente constante y es también muy frecuente la sericita - (72.73%) y menos la andalucita (45.45%), materia grafitosa (27.27% clorita (18.18%) y minerales de arcilla (18.18%). Como accesorios aparece en todas las muestras el rutilo y la turmalina, y con mucha menos frecuencia aparecen apatito (18.18%), circón (27.27%) y andalucita (9.9%). La agrupación responde a una roca muy alterada, cosa que indica la aparición de cloritas y minerales arcillosos, así como la constante presencia de limonita (100%).

FAMILIA 8.

Aunque con poca frecuencia, aparece moscovita (11.11%) y biotita (33.33%) estando presente el cuarzo en todas ellas (100%) y siendo bastante frecuente la sericita (33.33%). Es en los accesorios donde se presenta la caracterización de la agrupación pues el circón es un componente que casi aparece en todas las muestras (88.89%) e igualmente son muy frecuentes la sericita (44.44%), la turmalina (44.44%), apatito (33.33%); también aparece andalucita (22.22%), esfena (11.11%), así como materia grafitosa (11.11%). Las muestras están alteradas, apareciendo limonita (88.89%) y clorita (11.11%).

Las probabilidades de contingencia, son:

Tabla V.8.9.

	2	3	11	14	15	16	18	20	21	22	24
1	+86.64	+86.64	-54.67	- 0.00	+65.72	-54.67	+54.67	+97.67	-94.22	+54.67	+86.64
2		+86.64	-29.23	+86.64	-65.72	-29.23	+29.23	-42.92	-65.72	+29.23	+99.73
3			-54.67	+86.64	-36.47	-54.67	+54.67	-42.92	-94.22	+54.67	-86.64
11				-54.67	+76.43	-29.23	-99.73	-42.92	+76.43	-29.23	-29.23
14					-94.22	-54.67	+54.67	-74.32	-26.47	+54.67	+86.64
15						+76.43	-76.43	+92.70	+23.58	+65.72	-65.72
16							+29.23	-42.92	+76.43	+29.23	+29.23
18								+42.82	-76.43	-29.23	+29.23
20									-84.85	+42.92	-42.92
21										+65.72	-65.72
22											+29.23

FAMILIA 9.

Es una pizarra andalucítica (66.67% en principales, 11.11% en accesorios), con cuarzo (88.89%), que sólo tiene una mica como fundamental, biotita (77.78%) apareciendo la moscovita como accesorio (66.67%); la sericita junto con el cuarzo es el mineral más frecuente (88.89%) y la materia grafitosa es también común,

tanto como componente principal (44.44%) como accesorio (22.22%). Como mineral accesorio más frecuente aparecen, además de la moscovita, la turmalina (55.56%) rutilo (33.33%) y en menor proporción el circón (11.11%) y los ya nombrados materia grafitosa y andalucita. No aparece ningún tipo de mineral de alteración relevante.

Probabilidades de contingencia entre parámetros:

Tabla V.8.10

	3	4	7	10	11	13	15	18	19	20
1	-42.92	-54.67	-29.23	-76.43	+32.14	-86.64	+76.43	+29.23	-54.67	+29.23
3		-74.32	+95.28	-14.23	-71.60	-42.92	+14.23	-95.28	-74.32	+42.93
4			-54.67	+36.47	+74.32		-36.47	+54.67	+86.64	-86.64
7				+65.72	-95.28	-86.64	+76.43	+29.23	-54.67	+29.23
10					-84.85	-35.47	-23.58	+76.43	+36.47	-76.43
11						-42.92	-92.70	-42.92	+74.32	-42.92
13							+65.72	-54.67		-54.67
15								+65.72	-36.47	-76.43
18									+54.67	-29.23
19										-86.64

FAMILIA 10.

Se trata de una pizarra sericítica (100%) con moscovita relativamente abundante (45.45%) y escasa presencia de biotita (9.09%) rica en arcillas (63.64%) y cloritas (36.36%) y aparece en algún caso la andalucita (9.09%). Como accesorio de existencia permanente está el cuarzo (100%), y es muy abundante (63.64%) el rutilo, más que la materia grafitosa (27.27%) y la andalucita (18.18%) y turmalina (9.09%). Como mineral de alteración relativamente importante es la limonita (36.36%).

La tabla de probabilidades de contingencia, es:

Tabla V.8.11.

	3	4	5	6	11	13	15	20	22
2	-66.16	-66.16	+99.40	+69.69	+37.90	+97.79	+74.94	+91.31	+16.10
3		-25.99	-57.21	-83.47	-47.93	-57.21	-25.99	-37.90	+83.47
4			-57.21	+57.21	-47.93	-83.47	-25.99	-37.90	-57.21
5				+44.63	-87.53	+94.19	+83.47	+96.14	+52.27
6					-87.53	-44.63	+57.21	+76.27	-87.53
11						-79.92	-47.93	-66.16	-87.53
13							+57.21	+76.27	+94.19
15								+97.39	+83.47
20									+34.24

FAMILIA 11

Es una pizarra sericitica (100%) con dos micas, aunque más frecuente la moscovita (87.5%) que la biotita (25%) y en las que el cuarzo no aparece como componente principal; sí en cambio es frecuente lamateria grafitosa, más como accesorio (62.50%) que como principal (12.50%). Como minerales accesorios hay que resaltar, aparte de la materia grafitosa, la presencia constante de rutilo (100%) y andalucita (100%), junto a la relativamente escasez del cuarzo (62.50%) y de la inferior de la turmalina (25.00%). Las muestras están alteradas, siendo el mineral de alteración más frecuente la limonita (62.50%).

Las probabilidades asociadas a la contingencia de los parámetros es la siguiente:

Tabla V.8.12.

	3	10	11	12	15	21	22
2	+46.29	+31.38	-59.24	-59.24	+46.29	-83.25	-59.24
3		-46.29	-32.67	-96.50	+65.42	-97.41	+79.41
10			-83.25	+59.23	-46.92	+83.25	-83.25
11				-14.96	-32.67	+14.96	-14.96
12					-32.67	+14.96	-14.96
15						-79.41	+79.41
21							-83.81

FAMILIA 12.

La agrupación mejor representada muestralmente. Se trata de una pizarra sericítica (100.00%) con abundante moscovita (96.30%) y escasa biotita (5.56%) y en la que la andalucita (90.74%) y la materia grafitosa (85.19%) son muy abundantes, existiendo en alguna muestra minerales de arcilla (3.70%). Como minerales secundarios hay que destacar la presencia de rutilo (83.33%) cuarzo, (53.70%) y en menor proporción turmalina (25.93%). La alteración de algunas muestras se traduce en la presencia de limonita - (24.07%) y clorita (3.70%).

Probabilidad de contingencia entre parámetros:

Tabla V.8.13.

	3	4	6	9	10	12	13	15	22	23	24
2	+27.33	-35.47	+22.25	+15.69	-45.22	+87.49	-80.26	+60.61	+58.29	-	+22.25
3		-99.96	-27.33	-19.34	+55.27	-53.35	+57.46	-70.83	-68.44	-19.34	+99.48
4			+35.47	+25.29	-67.24	+88.74	+85.84	+83.51	-61.81	+25.29	-35.47
6				-15.69	+45.22	+81.91	+48.08	-60.61	-58.29	-15.69	-22.25
9					-98.45	-72.30	+34.83	-44.96	-43.02	-11.03	-15.69
10						-96.22	-82.95	-99.94	-66.41	-98.45	-84.65
12							+45.83	-87.77	-80.24	-65.13	- 8.52
13								+94.81	+11.32	+34.83	+48.08
15									+99.16	+91.20	-60.61
22										+92.70	-15.69
23											

FAMILIA 13.

Pizarra sericítica (93.33%) donde la moscovita es más abundante (66.67%) en principales (13.33% en accesorios) que la biotita (20.00%), cuya más relevante característica es la presencia constante como elemento principal de materia grafitosa (100%), - y la gran abundancia de andalucita (80.00%) y cuarzo (66.67%) con aparición esporádica de clorita (6.67%) y arcillas (6.67%). Como

accesorios, además de la moscovita es frecuente el rutilo (46.67%) y la turmalina (33.33%). La alteración señalada con la abundancia de clorita y arcillas está corroborada por la presencia de limonita (46.67%).

Las probabilidades de contingencia asociadas a los parámetros, son:

Tabla V.3.14.

	2	3	4	5	6	7	12	13	15	19	22
1	+85.68	-96.16	-39.52	+21.79	+21.79	-53.58	+21.79	+66.71	+53.58	+31.53	-73.15
2			-11.38	+53.58	+53.58	+11.33	-85.68	-53.58	-30.15	-96.38	+85.68
3			+66.71	-39.52	-39.52	+82.91	-39.52	-92.99	-39.52	-55.25	-56.24
4				+26.79	+39.52	+99.38	+39.52	-96.16	-82.91	-74.54	+92.99
5					-99.99	-85.68	-21.79	+73.15	+85.68	-35.53	-66.71
6						-85.68	-21.79	+73.15	+85.68	-35.53	-66.71
7							-85.68	-93.27	-87.87	-96.83	+98.96
12								-66.71	-53.58	+99.17	-66.71
13									+53.58	+ 8.08	-81.12
15										-71.73	-85.68
19											-84.47

FAMILIA 14.

Pizarra sericítica (100%), moscovítica (100%) con andalucita (90%) y con presencia de biotita (20%) y cuarzo no demasiado frecuente (40%) en la que hay que señalar la elevada frecuencia como accesorios de materia grafitosa (90%) y sobretodo de rutilo - (100%) y menor de turmalina (20%). Las muestras están poco alteradas, apareciendo exclusivamente como mineral de alteración la limonita en algunas muestras (20%)

Las probabilidades de contingencia, son:

Tabla V.8.15.

	4	7	11	15	22
3	+40.18	+25.31	+40.18	-80.33	-57.08
4		+61.06	-27.47	+61.06	+40.18
7			-80.33	+40.18	+23.31
11				-80.33	+40.18
15					-80.33

FAMILIA 15.

Pizarra sericítica (100%) moscovítica (100%) con andalucita (92.59%) y con escasa presencia de biotita (29.63%). Como accesorios aparecen cuarzo (100%), materia grafitosa (88.89%) y rutilo (77.78%) y menos frecuentemente turmalina (18.52%). Las muestras están alteradas, como lo demuestra la elevada frecuencia de limonita (62.96%).

Las probabilidades de contingencia entre parámetros, son:

Tabla V.8.16

	4	a	11	13	15	22	23
3	-48.79	-49.15	-99.54	+92.85	+90.06	+91.33	-49.15
4		+22.68	+93.10	+67.39	+51.65	-74.03	+22.68
9			+28.14	-94.34	-37.29	+56.55	-15.84
11				-67.39	+61.89	-84.12	+28.14
13					+81.45	-16.87	+41.40
15						-12.08	-37.29
22							+56.55

FAMILIA 16.

Mal representada, se trata de una pizarra sericítica (83.33%) con dos micas, moscovita (100%) y biotita (33.33%) con abundante materia grafitosa (50%), bastante arcilla (33.33%) y andalucita -

como componente principal (16.67%) ó accesorio (50%). En los minerales accesorios hay que destacar la presencia de cuarzo (100%) turmalina (83.33%) y en menor proporción circón (16.67%) y apatito (16.67%). La alteración de las muestras queda reflejada en la abundancia de minerales arcillosos y limonita (100%).

La probabilidad de contingencia entre parámetros, es:

Tabla V.8.17

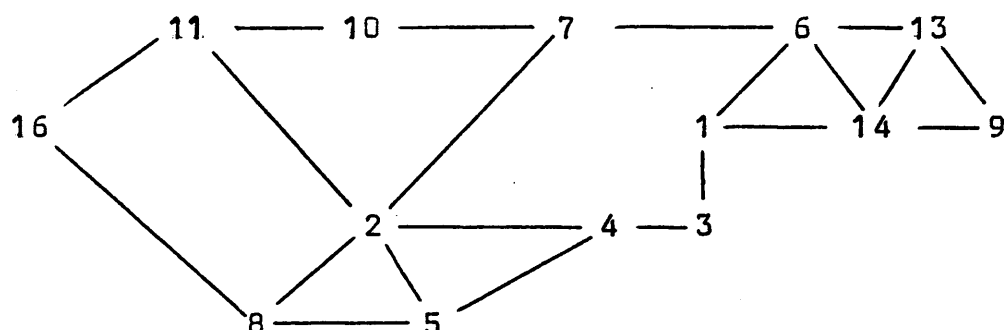
	3	4	6	10	14	15	18	20
1	-37.58	+37.58	+56.14	+72.67	+37.58	-37.58	+37.58	-72.67
3		+37.58	-87.87	-72.67	+37.58	-37.58	+37.58	-72.67
4			-56.14	+72.67	-37.58	+37.58	-37.58	-72.67
6				+91.67	+87.87	-87.87	-56.14	-
10					+72.67	-72.67	-72.67	-58.58
14						-98.57	-37.58	-72.67
15							+37.58	+72.67
18								+72.67

Respecto a los componentes principales podríamos visualizar las analogías y diferencias entre las familias señalando en un cuadro la presencia/ausencia de estos minerales. Esto es lo que hemos representado en el siguiente cuadro, en el que se ha señalado con

X = Frecuencia mayor del 50%.

0 = Frecuencia menor del 50%.

Una posible representación gráfica de las relaciones entre familias, sería:



(12)

Los parámetros que como resultado de la comparación global se obtienen como más significativos en cada familia, vienen expresados en la Tabla V.8.20.

A la vista de la Tabla podemos señalar la escasa representatividad de los parámetros 8,9,16,17,19,23 y 24, correspondientes a los minerales de rutilo y turmalina como principales, esfena - opacos y moscovita como accesorios y sericita y clorita como de alteración, aunque en el caso de la esfena sirve para diferenciar la agrupación 8, y la moscovita secundaria diferencia las familias 2, 8 y 11. Los minerales de alteración de sericita tipifican la familia 5, y la clorita de alteración en menor grado, caracteriza la familia 12.

Como minerales más efectivos para la significación de las familias tenemos sericita, moscovita, andalucita, cuarzo y materia grafitosa como principales, y cuarzo y rutilo como accesorios, - siendo la limonita el único mineral de alteración interesante en cuanto a significación de familias muestrales.

Tabla V.8.18

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Ref.	Parámetro
Mosc.	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	X	X	X	X	X	X	2	
Biot.	0			0	X			0	X	0	0	0	0	0	0	X	3	
Andal.	X			X	0	0	0		X	0		X	X	X	X	0	4	
Seric.	X	X	X			X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	1	
Cuarzo	X	X		X	X	X	X	X	X				X	0			7	
Mat. Graf.			0			0			X		X	X	X	X	X		10	
Arcilla						0	X			X		0	0			0	6	
Clorita						0	0			0			0				5	

V.8.3. PROBABILIDADES DE SEMEJANZAS ENTRE AGRUPACIONES MUESTRALES Y CARACTERIZACION DE MINERALES SIGNIFICATIVOS.

Las probabilidades de asociación de las agrupaciones muestrales a través de los diferentes parámetros pueden obtenerse - parámetro a parámetro y familia por familia, pero con el fin de no ser prolijos en la presentación de datos pasaremos al resumen final en el que expresaremos la probabilidad de que cada una de las agrupaciones sea diferente de las demás a través de los valores de χ^2 aportados por cada parámetro. Solamente especificaremos posteriormente cuáles son los parámetros que son significativos en cada diferenciación, anotando su valor.

El resumen se expresa en la Tabla V.8.19.

Analizando las probabilidades obtenidas, vemos que de acuerdo con el cuadro la separación es buena, diferenciándose las familias en su mayoría con probabilidades del 100%. Son excepción la 2 con la 5, con sólo 38%, la 3 con 4 (37%) y en menor proporción 6 con 13 (83%), 10 con 11 (0%) y 11 con 16 (78%)

Tabla V.8.19

PROBABILIDAD DE QUE LAS FAMILIAS SEAN DIFERENTES

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	100	98	100	100	98	100	100	100	100	100	100	100	67	100	100
2		99	98	38	100	96	56	100	100	94	100	100	99	100	90
3			37	100	99	100	99	100	100	100	100	100	100	100	95
4				98	100	100	99	100	100	100	100	100	99	100	99
5					100	100	98	99	100	100	100	100	100	100	96
6						96	100	100	100	100	100	83	97	100	100
7							100	100	96	100	100	100	99	100	100
8								100	100	100	100	100	100	100	98
9									100	100	100	98	97	100	100
10										60	100	100	99	100	89
11											100	100	94	100	78
12												100	100	100	100
13													96	100	100
14														100	100
15															100

Tabla V.8.20

CUADRO DE SIGNIFICACION DE PARAMETROS

PARAMETROS →

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	100	100	100	100	99	48	100	0	0	100	100	100	100	99	100	0	0	64	0	60	0	100	0	0
2	100	100	100	100	99	48	100	0	0	100	100	100	100	99	100	0	0	14	0	20	74	93	0	0
3	100	100	100	100	99	48	100	0	0	100	100	100	100	99	79	0	0	14	0	100	0	100	0	0
4	100	100	100	100	99	48	100	0	0	100	100	100	100	99	91	0	0	14	0	60	0	100	0	6
5	100	100	81	100	99	48	100	0	0	100	100	100	100	99	100	0	0	14	0	60	0	100	99	0
6	100	100	100	100	66	73	100	0	0	100	100	100	100	35	100	0	0	95	0	28	0	100	0	0
7	100	100	100	100	97	100	100	0	0	100	100	100	100	99	100	99	11	18	19	60	0	100	0	0
8	100	100	81	100	1	48	100	0	0	100	100	100	100	90	67	11	0	100	0	53	100	97	0	6
9	100	100	99	100	1	40	100	0	0	100	100	100	100	1	67	0	0	18	100	28	0	100	0	0
10	100	100	100	100	100	100	100	0	0	100	100	100	100	1	100	0	0	14	0	53	0	97	0	0
11	100	100	93	100	1	48	100	0	0	100	100	100	100	1	96	0	0	14	0	100	98	93	0	0
12	100	100	81	100	1	73	100	0	7	100	1	100	100	1	100	0	0	14	0	60	0	100	7	73
13	100	100	81	100	11	42	100	0	0	100	100	100	100	1	67	0	0	14	80	60	0	94	0	0
14	100	100	93	100	1	40	100	0	0	100	100	100	100	1	67	0	0	14	0	60	0	100	0	0
15	100	100	100	100	1	48	100	0	7	100	100	100	100	1	67	0	0	14	0	60	0	100	7	0
16	100	100	100	100	1	40	100	0	0	100	100	100	100	1	67	0	0	14	0	60	0	100	0	0

V.8.4.

CONCLUSIONES

En comparación con los resultados obtenidos en el tratamiento estadístico del resto de atributos estudiados en capítulos anteriores, son pocas las conclusiones que podemos alcanzar a partir del análisis de las observaciones mineralógicas mediante el microscopio polarizante, e indudablemente prácticamente no nos aportan nada en relación con la existencia de la mineralización uranífera. Esto es así en cuanto que en la codificación efectuada no se ha tenido en cuenta la presencia/ausencia de minerales de uranio y que por tanto no se ha podido determinar la contingencia entre aquél y el resto de parámetros.

Sin embargo, si que hemos llegado a establecer una diferenciación de agrupaciones muestrales caracterizadas por la frecuencia relativa de presentación de específicas asociaciones minerales. Como resumen del capítulo, podemos establecer las siguientes conclusiones:

1) De acuerdo con la codificación de datos efectuada, las diferentes asociaciones paragenéticas posibles con los minerales caracterizados nos permiten distinguir hasta 16 diferentes agrupaciones muestrales, con valores de probabilidad de no semejanza entre las familias así definidas que en su mayoría son del 100%, excepto para las agrupaciones que hemos llamado 3 y 4 que presentan un valor anormalmente bajo, 37% y para las 10 y 11 - (60%) y 11-15 (78%).

2) De la contingencia entre parámetros se deduce que las que podemos llamar paragénesis más frecuentes son las constituidas por moscovita-sericita, biotita-sericita y moscovita-sericita-biotita, así como la de andalucita-quiasolita con la materia organógena.

Por el contrario, casi es excluyente la presencia de cuarzo con la materia organógena, considerados ambos como elementos esenciales.

3) Respecto a la incidencia de cada uno de los parámetros para la definición de las diferentes agrupaciones muestrales, - hay que señalar el bajo índice presentado por los minerales de arcilla, rutilo y turmalina (prácticamente nulo en estos dos últimos) y de la clorita en el grupo de los minerales fundamentales, de esfena, opacos, moscovita y sericita, así como del apatito desde la familia 9 hasta la 21, en accesorios, y de sericita y clorita en los de alteración.

VI. GEOLOGIA DEL YACIMIENTO.

VI.1.

INTRODUCCION

En el capítulo II, hemos presentado el contexto geológico - general de la región en la que está emplazado el yacimiento, - así como las características a las que, según los diversos autores, debe de ajustarse. Sin embargo, puesto que el yacimiento - en sí es de muy poca extensión, entendemos que se debe de tratar con mayor detalle las características morfológicas, litológicas estratigráficas y mineralógicas que lo caracterizan, antes de - pasar a exponer las que consideramos hipótesis genéticas más - probables, apoyándonos en los resultados obtenidos mediante el - análisis estadístico de atributos presentado en los apartados - anteriores.

VI.2. MORFOLOGIA EXTERNA Y ESTRUCTURA INTERNA

La morfología externa se ajusta en líneas generales a la - típica de la penillanura extremeña. Sobre una superficie prácticamente horizontal constituida por los rellenos de rañas y derru**bi**os se ha implantado una red de drenaje formada por cauces de pequeños arroyos, con frecuencia de caudal intermitente, que por alcanzar aquí su tramo final, (recordemos que el nivel de base está constituido por el río Ortiga, que prácticamente bordea toda la zona), presentan su máxima amplitud de valle.

Es característica la monotonía del paisaje, constituida por pequeñas lomas alargadas en sentido N-S, separadas por vaguadas

que en su mayor parte están rellenas de cantos y derrubios de rañas y metasedimentos. En este paisaje, de contornos suaves, suelen destacar alineaciones de relieves positivos correspondientes a los aflorantes estratos de cuarcitas.

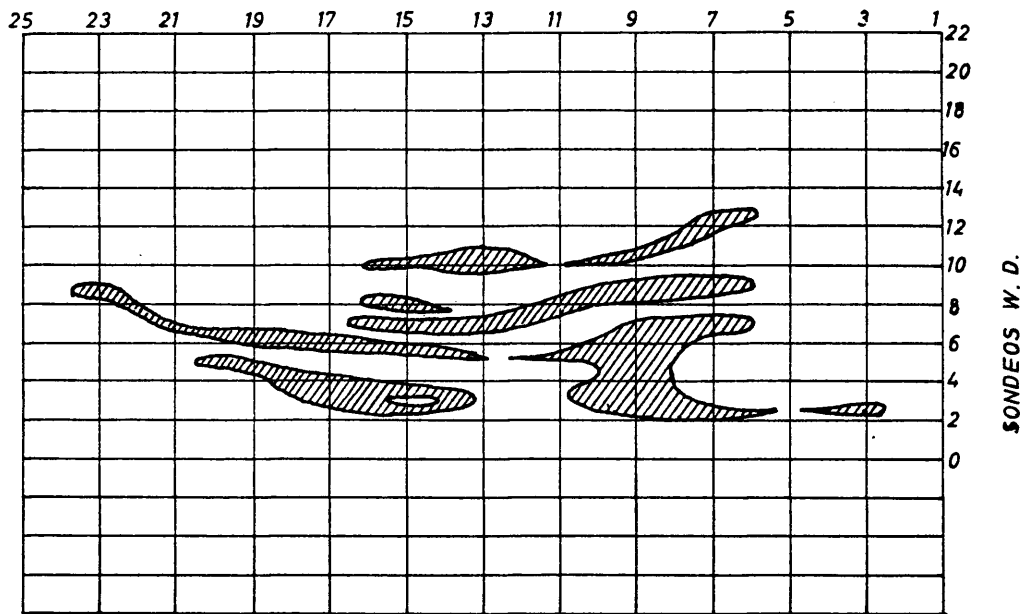
En la zona oriental, correspondientes a la denominada "Hoya del Lobo", se presenta una depresión en la que la erosión ha - hecho desaparecer prácticamente los recubrimientos, y que por - constituir la zona aflorante del yacimiento es donde se localizaron las primeras anomalías importantes y las iniciales labores de investigación.

La masa mineralizada presenta una morfología irregular, que aún cuando presentan una lineación E-O, en detalle se aprecia - que corresponden a una sucesión de formas alargadas e individualizadas. Los "paquetes" mineralizados se corresponden en su mayor parte a formaciones de pizarras ampelíticas, separados unos de otros en sentido N-S por estratos con menor cantidad de materia organógena o constituidos por material detrítico más grosero, siendo las cuarcitas las que provocan una mayor diferenciación, actuando a manera de "diques" que impidieran la circulación de los fluidos mineralizadores.

La alineación E-O está asimismo interrumpida, con frecuencia bruscamente, correspondiéndose estas separaciones con los cauces de los arroyos o con grandes fallas que individualizan - bloques, o bien se acúñan hasta desaparecer, hecho éste que parece corresponderse con los frecuentes cambios laterales de facies.

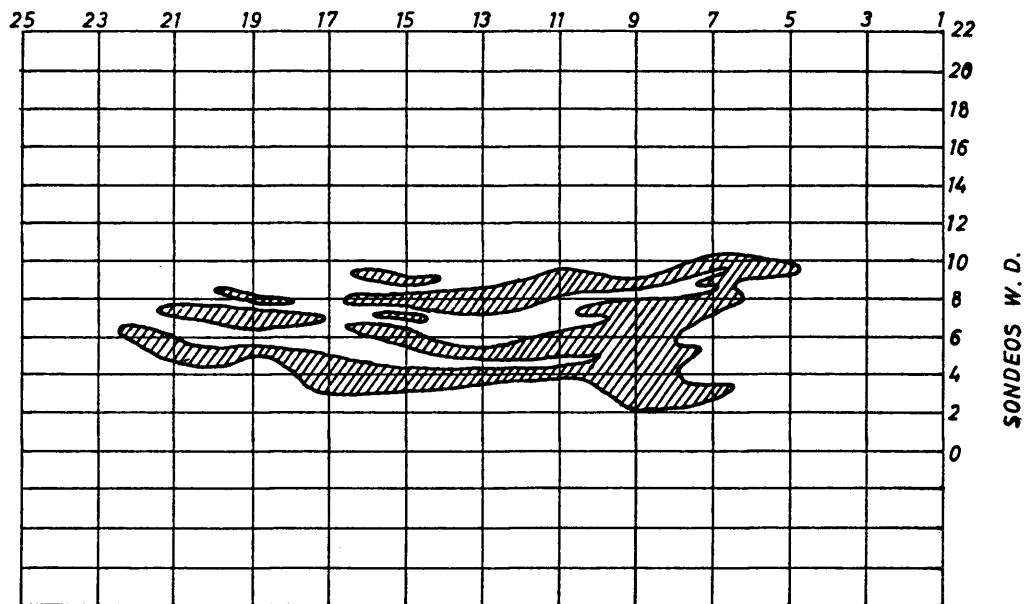
Estas formas irregulares son las que se presentan en los - gráficos adjuntos, en los que se advierte el desarrollo en plan ta y perfil de la mineralización correspondiente a la denominada "Zona Intermedia" y que han sido cedidos por D. J.M. Plaza y obtenidos a partir de sondeos de wagon-drill y de corona.

COTA 475



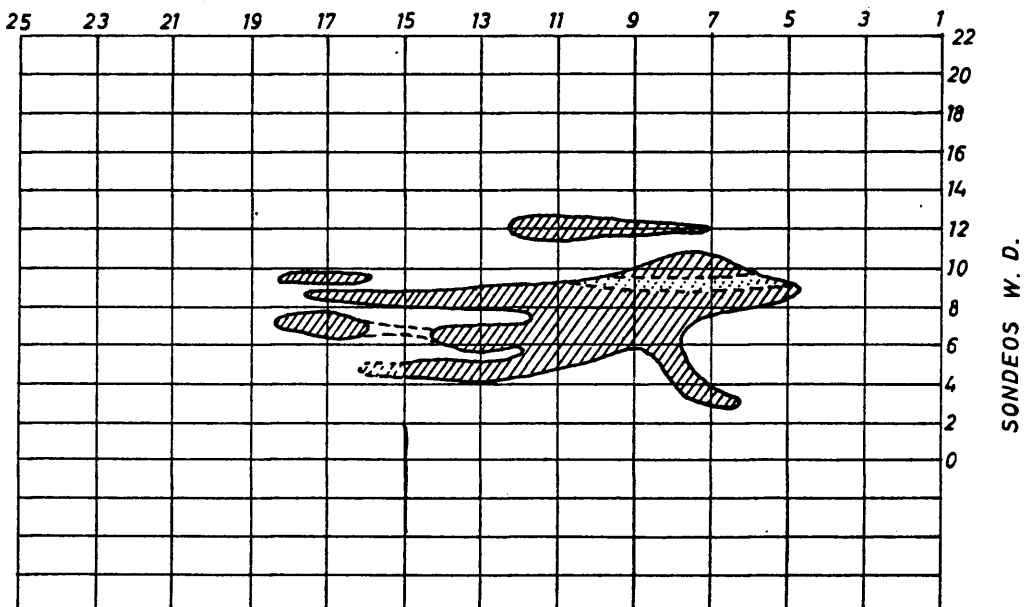
PERFILES

OTA 480

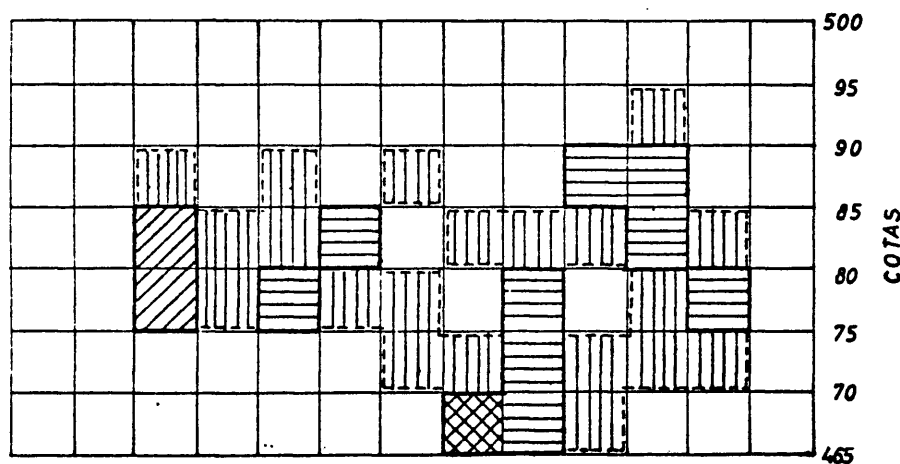
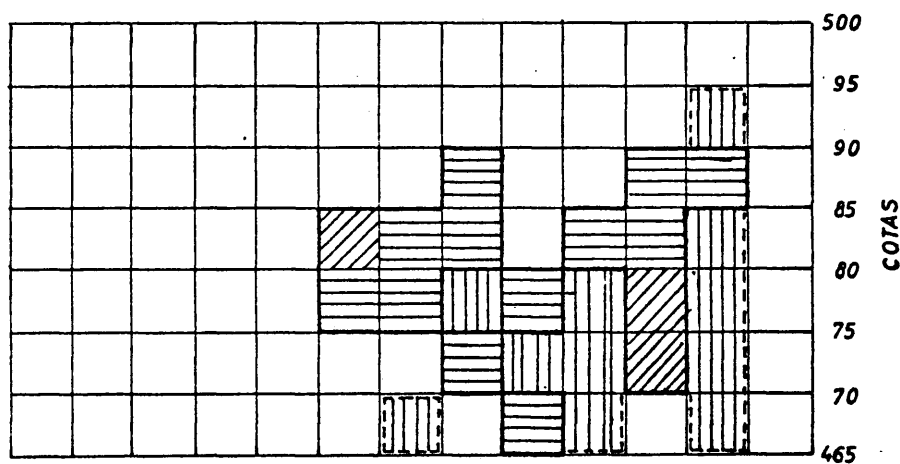
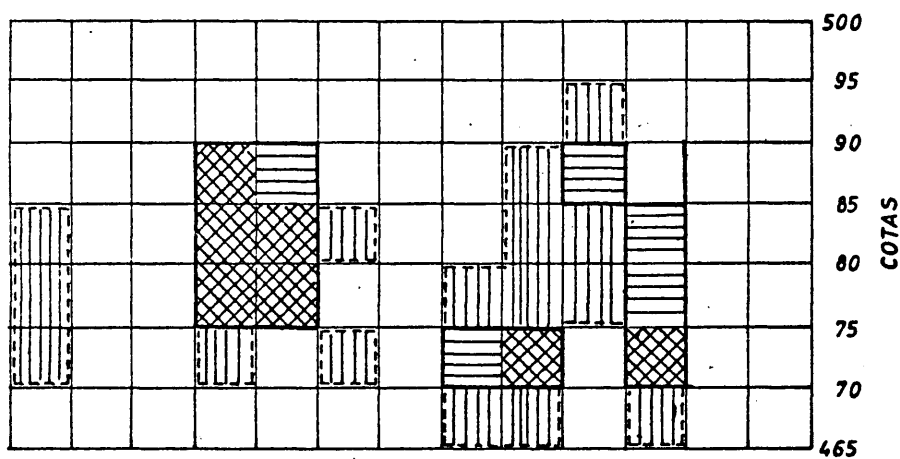
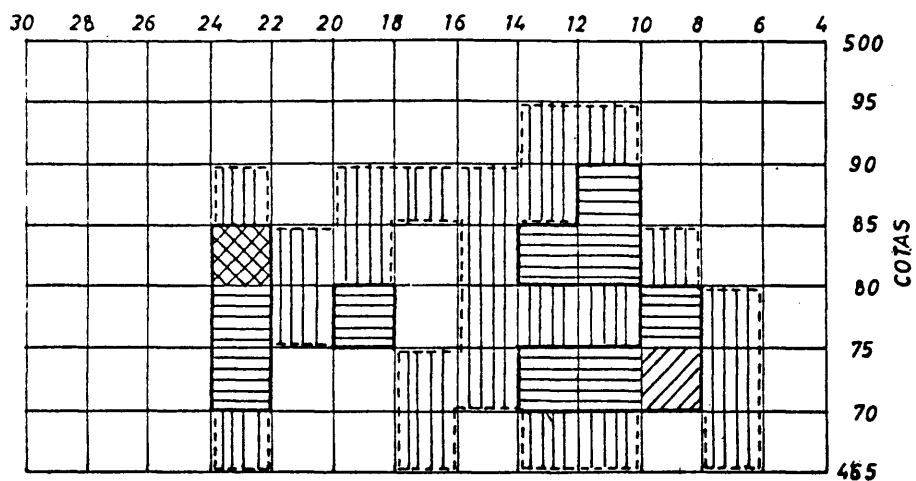


PERFILES

OTA 485



SONDEOS W. D.



VI.3. CARTOGRAFIA

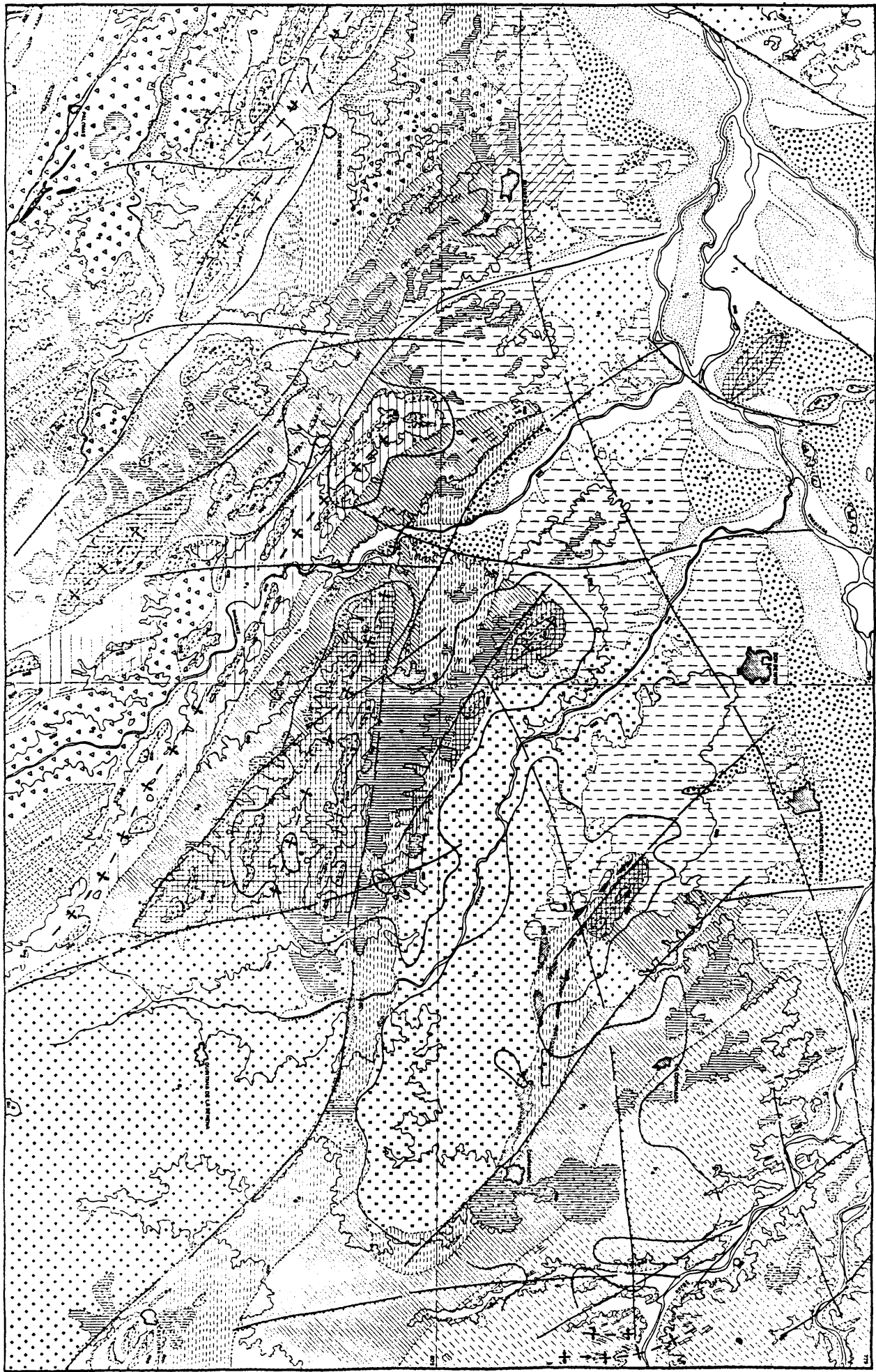
Disponiendo de la fotointerpretación geológica, debida a R. SOLA FARRE y C. MARIN BENAVENTE, así como de la cartografía estadística y litológica de las hojas 1:50.000 y 1:200.000, - se pensó en efectuar una cartografía litológica de detalle, escala 1:1.000, a partir de los afloramientos que el espeso recubrimiento de rañas pudiera dejar al descubierto.

Junto con D. ALBERTO TALLOS GONZALEZ, el autor de este - trabajo realizó dicha cartografía tomando como base el plano taquimétrico levantado por el equipo de topografía de la J.E.N., en una banda comprendida entre los puntos 14 y 85 de la línea base utilizada en la prospección geofísica, con una amplitud aproximada de 400 m. hacia el N. y 500 m. al S. de esta línea base. Comprende las zonas conocidas como Mesas de Poyato, María Lozano de Vargas, Intermedia y El Pedregal.

El intenso recubrimiento que prácticamente oculta toda la litología en la que se encaja el yacimiento, junto con la indudable dificultad de separar en el campo los distintos tipos de pizarras o de cuarcitas, hacen prácticamente imposible la correlación de unos estratos con otros y la obtención de una serie - litológica completa. De este modo, y puesto que los cambios laterales de facies son muy frecuentes, sóloamente hemos correlacionado allí donde la unión está perfectamente definida, y es - por ésto por lo que incluso la serie que mejor hemos podido obtener, la correspondiente al Arroyo del Madroñal, presenta gran



ESQUEMA FOTOGEOLÓGICO DE LA
SERENA (Rodó Joz)



des lagunas. También por este motivo, el plano cartográfico presentado en el anexo es llamado "CARTOGRAFIA de AFLORAMIENTOS", pues realmente es lo que allí está representado.

La fotografía aérea nos ha servido para confirmar la existencia de fallas y fracturas observadas en el campo, y para determinar otras, sóloamente intuídas por su dificultad de observación; sin embargo, no nos ha sido útil para delimitar contactos, en parte debido al recubrimiento y en parte porque las unidades que pueden separarse por éste método, con las fotografías de los vuelos A ó B de las que disponíamos, son demasiado grandes para una representación a escala tan amplia.

VI.4. RASGOS ESTRUCTURALES

A gran escala, suponemos que la zona en estudio corresponde a la parte septentrional de un gran sinclinorio extendido hacia el sur hasta la Sierra de La Lapa, y cuyo flanco norte ha quedado interrumpida por la intrusión granítica; la parte más próxima al granito constituye un anticlinal, preludio del gran anticlinorio que sería la continuación hacia el N. Este anticlinal presenta gran continuidad, comenzando en El Pedregal y continuando por La Sierra de la Ortiga, con una gran falla subparalela a la charnela y paralela al contacto con el granito; su flanco N. ha desaparecido, excepto en las zonas más orientales, en que, como sucede en el Arroyo del Madroñal, aparecen los dos flancos con el núcleo ocupado por un granito de grano medio. Debido a los procesos erosivos, no se puede establecer una correcta unión entre los estratos de ambos flancos y por tanto, tampoco es posible determinar el salto de falla que sin duda existe.

La dirección media del conjunto es aproximadamente - de N.75° -0., aunque hay flexuras locales que modifican este - valor. El buzamiento es grande, en general mayor de 50°, siem- - pre hacia el S. excepto en el flanco N. del anticlinal antes - nombrado.

La persistencia de estos buzamientos hacia el S. nos induce a pensar, junto con la supuesta repetición de algunos - tipos de pizarras, que la serie constituye un conjunto de plega- mientos isoclinales muy apretados.

La fracturación es intensa y se ha hecho una repre- sentación escala 1:10.000 de las principales fallas. Se presen- tan tres familias principales: una, subparalela al contacto del granito con los metasedimentos; otra, que parece ser causa de - la separación en bloques, con desplazamientos posibles tanto en la horizontal como en la vertical, con dirección aproximada - N.-25° -0; finalmente, hay un tercer sistema de fracturas con - dirección aproximada N.-45° E.

De estos tres sistemas, el que tiene mayor interés es el nombrado en segundo lugar, con dirección N.-25° -0, ya que parecen constituir los límites de bloques que habrían sido remo- vidos de sus posiciones iniciales.

Realizado el estudio de éste último sistema a partir de los datos obtenidos en campo y apoyándose posteriormente en el estudio fotogeológico y geofísico existente, hemos estable- cido los siguientes desplazamientos posibles, dados únicamente como aproximados, para las fallas representadas en el esquema:

Falla 1	desplazamiento	10 m.
Falla 2	desplazamiento	50 m.
Falla 3	desplazamiento	40 m.
Falla 4	no se aprecia	
Fallas 5 y 6	desplazamiento	50 m.
Falla 7	desplazamiento	20 m.



Escala 1:10.000

Diagrama de fallas

En el esquema (fig. VI.1.) se señala mediante flechas el sentido del desplazamiento. Hay que tener en cuenta que los - valores anteriormente indicados para las modificaciones posicionales de los bloques son el resultado final de una removilización tanto en la vertical como en la horizontal por lo que sólaamente representan la distancia que actualmente, y tras el remodelado erosivo, separa estratos que suponemos tienen la misma - identidad.

VI.5.

LITOLOGIA

En principio y a gran escala, la variedad litológica que encontramos corresponde a: 1) Granito. 2) Pizarras grafitosas. 3) Pizarras claras más arcillosas. 4) Cuarcitas. 5) Diques de aplitas y cuarzo.

Pretender definir una serie con separaciones netas entre litologías es un problema arduo, debido fundamentalmente a la dificultad de distinguir en el campo entre las numerosas variedades de pizarras o de cuarcitas, unido al hecho de que el paso de unas pizarras a otras se realiza de una manera gradual y son muy frecuentes los cambios laterales de facies.

En líneas generales, la serie es la siguiente, de N. a S.:

- Granitos.
- Cuarcitas blancas.
- Cuarcitas oscuras.
- Pizarras arenosas oscuras, con intercalaciones de cuarcitas.
- Cuarcitas.
- Pizarras grafitosas arenosas.
- Pizarras grafitosas con hematites y pequeñas intercalaciones de cuarcitas.
- Pizarras grafitosas.
- Pizarras grafitosas y sericíticas (intercaladas).
- Pizarras claras, sericíticas, más arcillosas.

Atravesando este conjunto, o concordante con toda la serie, aparecen diques de aplitas que alcanzan hasta 3 m. de espesor, y filones y vetas de cuarzo.

Litología de las pizarras

Como ya hemos dicho, es muy difícil efectuar separaciones entre los distintos tipos de pizarras. Hasta doce tipos diferentes se han podido determinar, aunque hay que considerar que no están perfectamente definidos y que la mayoría de estos grupos no son más que pasos de un tipo fundamental a otro. Así, podemos pasar de pizarras grafitosas mosqueadas con hematites o limonita a pizarras grafitosas arenosas, mosqueadas, con hematites y limonita, y de aquí a grafitosas arenosas.

Ante la dificultad de representación de todos estos tipos, hemos optado por establecer, en principio, cuatro grupos fundamentales:

- 1º.- P. Grafitosas, más o menos porfiroblásticas, con cantidad variable de hematites y limonita.
- 2º.- P. Grafitosas, más o menos samíticas, con porfiroblastos más o menos acusados.
- 3º.- P. Arenosas, con hematites o limonita.
- 4º.- Pizarras Sericíticas, en general poco grafitosas, con mayor o menor proporción de hematites o limonita.

El grado de metamorfismo es más acentuado cuanto más próximas se encuentran los granitos, por estar afectados en mayor grado por el metamorfismo de contacto, dando origen a cornubianitas.

Litología de las cuarcitas

Las cuarcitas deberían ser los niveles gufa para correlacionar toda la zona y determinar los posibles desplazamientos de bloques, pero para ello presentan dos inconvenientes: a) La falta de afloramientos continuados. b) La dificultad de efectuar diferenciaciones a simple vista en las cuarcitas, (más o menos recristalizadas y más o menos masivas), teniendo en cuenta que se pasa de un tipo a otro de una manera gradual en capas de muy poca potencia.

Los bancos de cuarcita con mayores potencias son los más próximos al granito.

En la Sierra de la Ortiga aparecen unas areniscas muy compactas en un potente estrato que presenta la particularidad de estar formado por una asociación de capas de espesores comprendidos entre 2 y 30 cms. cuyo techo y muro tienen unas ondulaciones características y que tambien hemos visto en algunos cantos o lajas de los que constituyen la raña en la zona de estudio.

Es frecuente la aparición de laminaciones y ondulaciones que suponemos son fenómenos de resbalamiento de unos niveles sobre otros, cuando aún se encontraban en la fase de consolidación y eran plásticas.

Granitos

Podemos distinguir tres tipos de granitos:

- Granito grueso posfiroide: Aparece en las zonas próximas al contacto, pero formando parte del plutón de La Haba, situado al N. de la zona en estudio. Se caracteriza por los macrocristales de ortosa, alineadas en diversas direcciones.

- Granito medio: Corresponde a la zona del anticlinal del Arroyo del Madroñal. Es el granito clásico de grano medio, muy diaclasado y fracturado, bandeado en algunas zonas.

- Granito de grano fino: Puede hacerse corresponder tanto a un granito verdadero como a una facies aplítica, pues su aparición es muy esporádica; correspondería a apófisis de alguno de los dos tipos anteriores.

Diques de Aplitas y Cuarzo:

Sus direcciones se corresponden con las de fracturas, apareciendo en muchas ocasiones paralelos a los estratos y - otras perpendiculares a ellos, suponemos que sellando parte de las fracturas y diaclasas.

VI.6.

ESTRATIGRAFIA LITOLOGICASIERRA DE LA ORTIGA Y CABEZA GORDA

Constituye la continuación hacia el O. de la zona de estudio, en el borde Sur de las hojas de Don Benito y Villanueva de la Serena. Son dos elevaciones coronadas como todas las demás por potentes capas de cuarcita y corresponden a la prolongación del flanco S. del anticlinal que aparece próximo al granito del O. de El Pedregal.

Este anticlinal es subparalelo a una falla no muy separada de la charnela y que señala el contacto con el granito, - tal como se aprecia al NO. de Cabeza Redonda, en la que ha sido localizada la brecha de falla; el flanco Norte del anticlinal ha desaparecido.

La Sierra de la Ortiga tiene las cotas más elevadas de la zona, con las inevitables cuarcitas en la cima de las que - hemos contado hasta 6 capas, separadas por otras menos potentes de pizarra; se aprecian perfectamente los fenómenos de despegue ocurridos durante la fase de plegamiento, en que las cuarcitas actuaron como capa competente. Esta resistencia de las cuarcitas al plegamiento ha provocado flexuras del conjunto que, dentro de unos límites más o menos amplios, hacen variar constantemente las direcciones de las capas. Es de señalar también el gran diaclasamiento y fracturación existente, tan fuertes que - enmascaran las direcciones de los estratos.

Hay que hacer notar la aparición de unas areniscas muy compactas en capas de 2 a 30 cms., formando un banco de unos - 3 m. de espesor, que presentan la particularidad de tener a techo y muro unas huellas que parecen ser contemporáneas con la

sedimentación y que es probable mantengan una gran continuidad, ya que las hemos visto incluídas como cantos en la raña de las zonas de María Lozano y de El Pedregal.

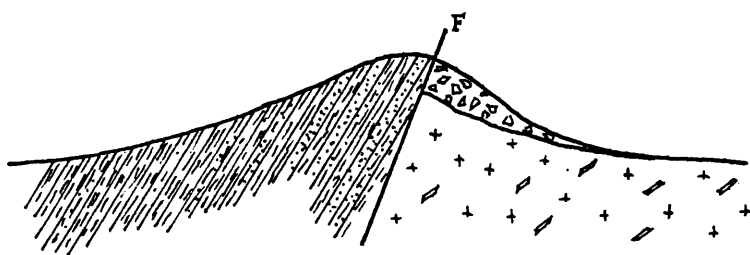
En la llanura al S. de la Sierra de la Ortiga aparece un gran banco de pizarras oscuras, muy arcillosas, buzando constantemente hacia el S.; el contacto de estas pizarras con los estratos de cuarcitas de la Sierra no puede apreciarse, ya que, superficialmente y entre ambos se sitúa un recubrimiento arcilloso de edad terciaria, que oculta los contactos, y en las zonas más al Este o al Oeste aparecen con cambios laterales de facies. Estas pizarras, compactas y resistentes a la erosión - ocasionan la presencia de las típicas formas conocidas como - "dientes de perro", que no aparecen en las zonas más al E.

La dirección media de las cuarcitas es de N.-30° -O. y su buzamiento, a una cota media de la Sierra, es de 35-40° -S. pero ambos pueden variar, el primero por las flexuras, y el segundo, porque en la zona más al O. de la Sierra y en las partes más elevadas se puede apreciar que las cuarcitas pasan a ser - subhorizontales, formando la charnela del anticlinal.

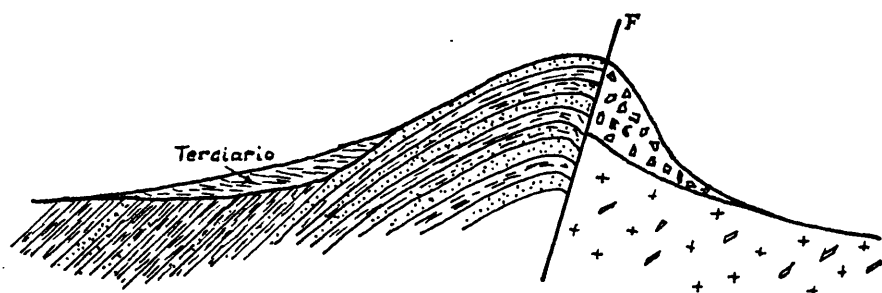
La unión entre las dos elevaciones, Cabeza Gorda y - Sierra de la Ortiga, se realiza a través de una vaguada y de un rellano al O. de la última. En este rellano y en la bajada hacia la vaguada, aparecen una brecha de color rojizo que suponemos corresponde a una brecha de falla mineralizada posteriormente por oligisto. Esta brecha correspondería a la falla unión de ambas zonas, y sobre la que se habría efectuado un giro de aproximadamente 20°.

CORTES ESQUEMATICOS IDEALES DE CABEZA REDONDA Y SIERRA ORTIGA

CABEZA REDONDA



SIERRA ORTIGA



Con posterioridad a la cartografía de afloramientos antes expuesta, y también con la colaboración de A. TALLOS, se efectuó un estudio de afloramientos a lo largo de los cauces de los arroyos situados entre los parajes conocidos como El Pedregal y Zona 3.

Aún cuando no se ha hecho representación cartográfica de este estudio, entendemos que permite obtener un mayor conocimiento de la litología de la zona, por lo que consideramos oportuna su exposición.

ARROYO DE ZARCINA

Est. nº 1.: Aparecen granitos de grano grueso, con grandes cristales de cuarzo (1 cm. \varnothing - 0,2 cms.) y maclas de ortosa de hasta 10 x 3 cms. que constituyen el componente más abundante, o cuando menos, es el carácter más sobresaliente. Los cristales de ortosa presentan una orientación que, aunque no de manera clara, si como tónica general parece ser paralela al contacto.

El diaclasado del granito es nítido, y suponemos que el orden de la fracturación en las tres principales familias es el siguiente:

1ª.- Dirección N.-110º - E. y con espaciamiento general aproximado de 1 m.

2ª.- Dirección N.-60º - E. y con espaciamiento general aproximado de 1 m.

3ª.- Dirección N.- S. y con espaciamiento general aproximado de 6 - 7 m.

Est. nº 2.: El diaclasado se hace más marcado y aparecen diques de aplitas que en el trayecto desde la estación nº 1 no han sido vistos.

El granito continúa siendo macrogranudo, con grandes cristales de ortosa.

Aparece un gran dique de aplitas con dirección N.-125º-E. y espesor 7-10 m. y a partir de aquí hay una alternancia entre granitos de grano grueso y de aplitas con espesores variables, que mantienen la misma dirección; los diques tienen buzamiento N.-30º -E.

A medida que nos acercamos al contacto con las pizarras, todos los sistemas de diaclasas aparecen rellenos de aplitas.

Est. nº 3.: Encontramos un dique de aplitas de espesor - 3 m. con dirección N.-105-110º - E. y buzamiento 30º N.

Est. nº 4.: Aparecen, aunque no de manera continuada, inclusiones de los típicos gabarros de grano fino, negros, de - hasta 30 cms. de diámetro.

Est. nº 5.: Nos encontramos en la zona inmediatamente anterior al contacto de los granitos con los materiales paleozoicos.

Los granitos son de grano grueso, aunque las diferencias entre el tamaño de grano no son tan señaladas como en los anteriores, y las grandes maclas de ortosa no son tan abundantes. Sin embargo, se sigue manteniendo la textura porfiroidea.

Unos filones de cuarzo y unos diques de aplitas sirven de unión entre los granitos y un conglomerado silíceo de cantos de cuarcita muy gruesos, con diámetros incluso mayores de 10 cms. aunque son más abundantes los menores de 5 cms., no redondeados. La matriz es silícea, presentando dos modas princi-

pales, una con diámetro menor de 1 m.m. y otra mucho menor. De este conglomerado se pasa a los granitos de nuevo, pero de grano más fino.

Un dique de aplitas con dirección N.-60º. E. y espesor de 4 m. corta a todo este conjunto.

Suponemos que el conglomerado es una brecha de falla, casi con toda seguridad resultado de la gran falla que pone en contacto las cuarcitas con el granito.

Est. nº 6.: Es el paso a las cuarcitas. Suponemos que el contacto entre las cuarcitas y el granito se realiza, como ya hemos dicho, por una falla que dá origen a la brecha ya descrita y por un cortejo de diques de aplitas y cuarzo.

Las cuarcitas, muy fracturadas, tienen dirección aproximada de N.-130º.E. y buzamiento de 37º N. Estamos pues en la zona en que todavía aflora el flanco N. del anticlinal de las cuarcitas, que se presenta perfectamente desarrollado hacia el O. y que desaparece hacia el E. debido a una inflexión de la falla que discurre por la charnela y que ha favorecido la intrusión de los granitos.

Est. nº 7.: Pasada la fractura, aún aparecen cuarcitas buzando hacia el N. con 67º y dirección N.-130-E. pero rápidamente se pasa a las cuarcitas del flanco S. en las que el buzamiento varía mucho en distancias de metros; al principio es grande, después pasa a ser de aproximadamente 18º S., y de nuevo mucho más inclinada.

Las cuarcitas de este flanco S. están más laminadas, con capas incluso menores de 10 cms. mientras que en el flanco N. el tamaño mínimo es de 50 cms. Por otra parte, en este flanco hay intercalaciones muy delgadas de pizarras arenosas y diques de aplitas concordantes con la estructura. Estas diferencias entre ambos flancos, se deben, posiblemente, al salto en la vertical de la falla que corre por la charnela.

Est. nº 8.: Se pasa de cuarcitas con intercalaciones de pizarras a pizarras con intercalaciones de cuarcitas, esto es, las cuarcitas van desapareciendo conforme la serie avanza hacia el S.

Est. nº 9.: Corresponde esta estación a un pozo, donde el material extraído son pizarras negras, ampelíticas, con mosqueamiento de cristales grandes, aciculares finos, de andalucita. La hematización es pequeña, quedando restringida a bandas delgadas.

Est. nº 10.: Hay pizarras sericíticas, muy mosqueadas, ampelíticas, verdosas, con una limonitización difusa que parece proceder de la alteración del mosqueamiento, o al menos, es en éste donde mejor se aprecia.

Presentan fina laminación, la dirección es N.-120-E. y el buzamiento 86º S.

Podemos hacer una separación en zonas del total del afloramiento considerando 3 m. iniciales muy limonitizados, 12 m. menos limonitizado, y el resto bastante limonitizado.

Est. nº 11.: Damos como probable un nivel de cuarcitas, aunque no ha sido visto y por tanto, su localización no es exacta.

Est. nº 12.: Pizarras ampelíticas carbonosas, muy mosqueadas, astillosas, con dirección N.-120º -E., buzamiento 84º S. y espesor visto de 24 m. Son muy sericíticas, con bandas limonitizadas, y se presenta una alternancia entre muy carbonosas y menos carbonosas.

Est. nº 13.: Pizarras ampelíticas sericíticas, mosqueadas, hematizadas, con delgados niveles carbonosos, dirección N.-120-E. y un buzamiento fluctuante y extraño que nos hace pensar en una posible falla.

ARROYO DE PEÑA GIRALDO

Est. nº 14.: En la confluencia con el Arroyo Zarcina nos encontramos con granitos de grano medio, con grandes cristales de ortosa.

Est. nº 15.: Nos encontramos con unas cuarcitas con dirección N.-154º - E. y buzamiento 29º N. Existen además una serie de intercalaciones concordantes de aplitas, con espesores que oscilan entre 50 y 10 cms. A lo largo del arroyo continúan las cuarcitas con muchas intercalaciones aplíticas.

Est. nº 16.: Las cuarcitas presentan aquí un diaclasamiento grande, con espaciado casi regular de unos 30 cms. y una dirección N.-30-35 - E.

En el lecho del arroyo aparecen aplitas con intercalaciones de areniscas, en alternancias de pocos centímetros de espesor. A lo largo del cauce del arroyo continúa esta misma alternancia, hasta la estación 17.

En la loma N. del arroyo se encuentran unas cuarcitas cuya estructura es de gran complicación, sin duda debido a la existencia de una falla.

Est. nº 17.: Nos encontramos con un potente banco de cuarcitas de dirección N.-120 - E y buzamiento 35º N.

En rasgos generales la serie desde el Arroyo Zarcina hasta la estación 17 será:

- Granitos de grano medio con grandes cristales de ortosa.
- Areniscas con aspectos flyxoides. 1 m.
- Cuarcitas cementadas con oligisto.
- Intercalaciones de areniscas y pizarras con aspecto flyxoide.
- Un dique de aplitas cortando la estructura.
- Pizarras con aspecto flyxoide, 0,5 m.
- Cuarcitas con intercalaciones de aplitas.
- Pizarras con aspecto flyxoids.
- Aplita, 2 m.
- Pizarras con aspecto flyxoide, 3 m. Dirección N.-120.E. Buz.73º
- Arenisca con aspecto flyxoide y con bastante oligisto, 0,5 m.
- Arenisca con aspecto flyxoide, 3 m.
- Cuarcitas, 0,5 m. Junto a una brecha con algunos cantos de cuar^u cita y sílice y con cemento silíceo, parece haber un espejo de falla, que podría corresponderse con la posible falla dada en la estación 16.
- Cuarcitas no muy cristalizadas que se acuñan entre aplitas, 0,3
- Aplitas concordantes con la estructura y que contiene nódulos - de oligisto, 1 m.
- Banco de cuarcitas de la estación 17.

Est. nº 18.: Continúan las cuarcitas, que presentan una gran potencia. Al ascender por el cauce, el buzamiento se hace cada vez menor, pasándose por la charnela de un anticlinal cuya localización no puede identificarse exactamente.

En la estación 18, ya se ha dejado atrás la charnela, puesto que aparecen unas cuarcitas con buzamiento S imposible de medir de una manera precisa, pero que es aproximadamente de 15º y con una dirección de N.-120 - E.

Est. nº 19.: Pizarra ampelítica sericítica de tonos verdosos, mosqueada y ligeramente limonitizada, siendo en el

mosqueamiento donde aparecen los tonos propios de la limonitización. Dirección N.-110-115 -E.

Est. nº 20.: Pequeño afloramiento de pizarras muy arcillosas y alteradas, pero semejantes a las anteriores, subverticales hacia el S. y que presentan tonos de color chocolate.

Est. nº 21.: Pizarras muy carbonosas, mosqueadas no hematizadas y muy laminadas. Buzamiento de aproximadamente 45º S. A unos 4 m. aparecen unas pizarras ampelíticas, mosqueadas y poco limonitizadas, con dirección N.-120 -E. y buzamiento de 64º S.

Est. nº 22.: A pocos metros y pasado el recodo del arroyo, encontramos pizarras semejantes a las anteriores con un buzamiento de 32º N. lo que hace pensar en la existencia de un anticlinal, pues no consideramos probable la aparición del típico cabeceamiento de las pizarras.

Est. nº 23.: Pizarras muy ampelíticas, mosqueadas y con mucha arcilla, que se encuentran hematizadas según bandas. Dirección N.-110 -E. y buzamiento 19º N.

Est. nº 24.: Pizarras carbonosas con un espesor de unos 3 m., verticales y en dirección de N.-120 -E. A continuación tenemos unas pizarras ampelíticas claras, poco limonitizadas y mosqueadas.

Est. nº 25.: En este afloramiento se puede deducir la idea de la tónica general de la zona, ya que nos encontramos con una serie de anticlinales y sinclinales de pequeño desarrollo y que corresponden a la siguiente serie:

- Pizarras ampelíticas hematizadas, 2 m.
- Pizarras ampelíticas carbonosas, 2,5 m.
- Cuarzo, 0,3 m.
- Pizarras ampelíticas hematizadas, 2 m.
- Pizarras ampelíticas sericíticas hemat., 5 m.
- Pizarras ampelíticas hematizadas, 4 m.
- Pizarras ampelíticas sericíticas hemat., 1 m.
- Pizarras ampelíticas hematizadas, 0,3 m.
- Pizarras ampelíticas sericíticas hemat., 0,3 m.
- Pizarras ampelíticas hematizadas, 1 m.
- Pizarras ampelíticas carbonosa, 0,5 m.
- Pizarras ampelíticas sericíticas hemat., 1,5 m.
- Pizarras ampelíticas muy carbonosas y muy hematizada, 2 m.

La dirección no es constante, ya que existen pequeñas flexuras, aunque la tónica general es de N-120º -E. El buzamiento varía, apareciendo tanto hacia el N. como hacia el S. lo que nos hace pensar en una serie de anticlinales y sinclinales muy apretados, y de poco desarrollo.

Entre éste afloramiento y el 26 consideramos la existencia de una posible capa de cuarcitas, que no ha sido vista.

Est. nº 26.: Nos encontramos con pizarras que contienen una mayor cantidad de materia orgánica y análoga disposición a las anteriores.

Est. nº 27.: Afloramiento de pizarras ampelíticas muy arcillosas y alteradas, sin mosqueamiento, no hematizadas y de color pardo amarillento. Estas pizarras se apoyan sobre cuarcitas que buzán hacia el S. y que pasan después a ser verticales para transformarse en subverticales hacia el N. Parece que se trata de la cabeza de un anticlinal muy estrecho y que posiblemente esté fallado. La serie es: pizarras, cuarcitas (4 m.) y pizarras, correspondiendo las cuarcitas al núcleo del anticlinal.

La dirección de éstas capas es de N.-125-130º.E.

ARROYO DE VALPERDIDO

Est. nº 28.: Pizarras ampelíticas, poco mosqueadas, de diversas tonalidades de color, con flexuras, pero dirección general de N.-120 -E. El buzamiento varía de 50-60°N. en las capas más hacia el N., para pasar a través de unas verticales, a otras con buzamiento de 75° S. Por tanto, estaríamos en la charnela de un anticlinal.

Hay intercalados unos filones de cuarzo de 10-20 cms. que parecen estar interrumpidos, causa que, junto a las grandes variaciones en el buzamiento de las pizarras nos indican la existencia de una falla o fractura.

Probablemente se trata de un afloramiento con ritmicidad semejante de la estación 25 y con estructura análoga.

Est. nº 29.: Los materiales corresponden a los extraídos de un pozo y se trata de pizarras ampelíticas negras, con grandes cristales aciculares de andalucita, con apenas hematites, lajadas pero muy compactas dentro de cada laja.

Unos 35 m. más arriba, aparecen en el cauce del arroyo las mismas pizarras, verticales o subverticales.

Est. nº 30.: Suponemos la existencia de unas capas de cuarcitas, aunque no se han podido ver.

Est. nº 31.: Aparecen las cuarcitas, con espesor de 8-10 m. aunque posiblemente haya una persistencia hacia el S., no se sabe si de manera continua o con intercalaciones.

Est. nº 32.: Intercalaciones de pizarras muy arenosas, carbonosas, en bandas muy delgadas, con cuarcitas oscuras, laminadas, verticales o subverticales hacia el S. con preponderancia de cuarcitas; algunas capas están muy hematizadas.

La dirección es N.-110° -E.

Son frecuentes las intercalaciones de filones de cuarzo paralelos a la estructura, y algunos perpendiculares a ella.

Parece que se trata de la charnela de un anticlinal, con el núcleo constituido por pizarras ampelíticas, poco mosqueadas, limonitizadas; sería un anticlinal muy estrecho, formando parte de una serie de pliegues isoclinales apretados.

Aparecen a continuación pizarras carbonosas, arenosas, de aproximadamente 3 m., seguidos por intercalaciones de menor potencia en el siguiente orden: Pizarras - Cuarcitas - Cuarcitas laminadas - Pizarras con intercalaciones de cuarcitas - Pizarras arenosas carbonosas - Cuarcitas - Pizarras ampelíticas.

Estas últimas pizarras ampelíticas son análogas a las de la gran serie ampelítica encontrada antes de llegar a las cuarcitas.

Est. nº 33.: Pizarras ampelíticas, con frecuentes filones de cuarzo. Dirección N.-130-135° -E. y buzamiento anómalo respecto de la serie general, de 65° N. que pudiera ser debido a un cabezamiento.

Parece que en este afloramiento hay una falla, cosa que también pudiera explicar el anómalo buzamiento de las pizarras hacia el N. dentro de una serie que está inclinada de manera constante hacia el S.

Pasamos ahora a estudiar los afloramientos del ramal O. del arroyo, en su descenso hacia el N.

Est. nº 34.: Pizarras ampelíticas, con delgados niveles limonitizados. Son las pizarras ampelíticas típicas, verdosas, sin mosqueamiento. Dirección N.-110º -E., buzamiento de 57º S.

Est. nº 35.: Las pizarras son del mismo tipo que las anteriores, pero con buzamiento 70 N. sin que pueda determinar la causa de la variación del buzamiento.

Est. nº 36.: Posibles cuarcitas (no vistas).

Est. nº 37.: Pizarras buzando hacia el S., ampelíticas, con mucha hematites, con algunos niveles carbonosos muy delgados. El espesor visto es de unos 25-30 m.

Est. nº 38.: Es posible la existencia entre este punto y el anterior, de unas cuarcitas que no han sido vistas.

Aparecen pizarras ampelíticas, poco carbonosas, sin mosqueamiento y sin hematizar. Dirección de N.-130º -E. y buzamiento subvertical; espesor observado de unos 6 m.

Pasamos por el punto de confluencia de los dos ramales del arroyo, situado a la altura del punto 28, ya estudiada. - Progresando hacia el N. se presenta un gran recubrimiento de raña que impide toda observación.

Est. nº 39.: Estamos ya en el gran banco de cuarcitas - que dará origen hacia el W. a la Sierra de la Ortiga.

Tras unas pizarras, se alcanzan las primeras cuarcitas, con intercalaciones de delgadas capas de pizarras arenosas, claras, de unos 30 cms. de espesor. Hay una falla perpendicular a la estructura, con desplazamiento de unos 2-3 m. del bloque del

The image displays four vertical stratigraphic columns, each representing a different geological profile. The columns are oriented vertically, with the top of the profile on the left and the bottom on the right. The profiles are labeled as follows:

- Top Profile (S):** Labeled 'S' at the top. It shows a sequence of alternating layers with different textures, including horizontal lines, dots, and diagonal hatching.
- Second Profile (Escombrera):** Labeled 'Escombrera' on the left. It features a prominent layer with a dense pattern of small crosses, indicated by an arrow from the label. The profile is bounded by wavy lines at the top and bottom.
- Third Profile (Camino):** Labeled 'Camino' on the left. It shows a layer with a dense pattern of small crosses, indicated by an arrow from the label. The profile is bounded by wavy lines at the top and bottom.
- Bottom Profile (NO):** Labeled 'NO' on the left. It shows a sequence of layers with various textures, including horizontal lines, dots, and diagonal hatching. The profile is bounded by wavy lines at the top and bottom.

NO

E. hacia el S., o el del O. hacia el N.

Aparece una serie de alternancias de materiales, que es la siguiente:

- Cuarcitas, aproximadamente 2 m. con filones de cuarzo.
- Pizarras mosqueadas, arenosas, con intercalaciones de delgadas capas de cuarcitas. Espesor total, 5 m.
- Facies flyxoide, análoga a la repetidamente observada en los testigos de sondeos, muy arenosos. Dirección N.- 130 -E., buzamiento 43° S; espesor aproximado 8 m. Esta facies presenta algunas intercalaciones de aplitas y capas de cuarcitas de espesores menores de 5 cms.
- Cuarcitas masivas, con posibles intercalaciones de pizarras entre los potentes bancos.

Est. nº 40.: Corresponde al contacto de las cuarcitas con los granitos. El paso se realiza mediante la serie siguiente: cuarcitas - aplitas - granito de grano medio - granito de grano grueso, con grandes cristales de ortosa alineados de forma general paralelamente al contacto.

El granito de grano grueso mas próximo es equigranulado, exceptuando a las grandes macclas de ortosa que alcanzan tamaños de hasta 5 cms.

No aparece excesivamente diaclasado, presentando dos sistemas principales, de direcciones N.-120 - E. (las primeras cronológicamente), y otra de N.-40° -E.

VI.7.

PETROLOGIA - MINERALOGIA

VI.7.1.

ROCA de CAJA

Las diferencias litológicas en la roca de caja responden más a los porcentajes de minerales componentes que a la variación en éstos, pues tal como se ha dicho en otros capítulos, - en líneas generales podríamos expresar la petrología de la zona haciendo referencia a la trilogía granitoides-pizarras-cuarcita.

Tal como se especifica en el apartado V.8. ANALISIS DE ESTUDIOS DE LAMINAS DELGADAS, los minerales presentes abarcan un no muy amplio espectro ajustándose la composición mineralógica a la presentada por E. Ramírez en el Bol Geol. y Min., T. LXXX, 62F, que es la siguiente:

Fracción más fina de 0.03 mm.	..	..	..	71 %
Andalucita .. .. .	..	..	..	10 %
Materia carbonosa y grafitosa	..	..	..	6 %
Goethita .. .. .	..	..	..	4.40 %
Cuarzo .. .. .	..	..	..	4 %
Sericita .. .. .	..	..	..	3 %
Moscovita .. .. .	..	..	..	0.40 %
Biotita . .. .	..	..	..	0.30 %
Turmalina .. .. .	..	..	..	0.10 %
Magnetita .. .. .	..	..	..	0.10
CO ₃ .. .. .	..	..	..	0.10 %
Pirita . .. .	..	..	..	0.10 %
Calcopirita . .. .	..	..	..	0.10 %
Bornita .. .. .	..	..	..	0.10 %
Covelina .. .. .	..	..	..	0.10 %

Este análisis representativo del desmuestre de un lote de 20 Tm. de materiales procedentes de la cantera de El Lobo podemos aceptarlo en cuanto composición cualitativa del conjunto - de litologías, pero no por lo que respecta a su cuantificación ya que la zona en la que se efectuó el desmuestre fué la correspondiente a las primeras labores de explotación y responde a - unas características muy particulares, tal como se expone en el apartado VII.2., con las mineralizaciones generadas en épocas muy tardías.

Nosotros hemos efectuado el estudio de gran número de láminas delgadas correspondientes a muestras tomadas específicamente para este trabajo a las que se han añadido otras enviadas por los geólogos encargados de las investigaciones in situ. Los datos, ya codificados, correspondientes a estos estudios se - presentan en el apéndice y el estudio estadístico es el desarrollado en el apartado V.8.

Con el fin de no ser prolijos en la presentación de los - datos, haremos aquí una reseña de unas pocas muestras, aquellas que consideramos representativas de las litologías que se pueden diferenciar en la zona o que se ajustan con mayor probabilidad a las agrupaciones muestrales obtenidas mediante el estudio estadístico.

APLITAS-MICROGRANITOS.

Muestra referencia 18351

Se trata de una aplita, con estructura granuda, de grano fino y textura holocristalina, hipidiomórfica. Los componentes esenciales con cuarzo en abundancia, ortosa y plagioclasa con abundancia media y escasa moscovita, y entre los accesorios - están presentes apatito y andalucita (escasos), muy escasa biotita y trazas de circón, pirita y turmalina. Como secundarios señalamos la presencia de sericita-moscovita y trazas de goethita.

Corresponde a las facies más externas del plutón granítico casi en la zona de reacción con los metasedimentos. Hay - que señalar los crecimientos mirmequíticos, la baueritización de las biotitas y la sericitización-moscovitación de los feldspatos potásicos.

CUARCITAS

Muestra referencia 17875

Presenta estructura homogénea y textura granoblástica, - en la que sólo el cuarzo se presenta como componente esencial. Como accesorios, sólo la sericita tiene una abundancia - media, mientras que son muy escasa andalucita, goethita, turmalina, moscovita y hay trazas de rutilo y circón.

Procedente de una arenisca original que ha soportado un metamorfismo regional y de contacto, está muy mineralizada en fisuras con óxidos de hierro, especialmente goethita y cuarzo mesocristalino.

ESQUISTOS ANDALUCITICOS

Muestra referencia 17699

Estructura esquistosa, textura porfidolepidoblástica, - cataclástica, con abundante moscovita, biotita (abundancia - media), con clastos de cuarzo (abundancia media) y andalucita como componentes esenciales, minerales opacos, materia orgánica y sulfuros (muy abundantes), escasa turmalina y trazas de rutilo como accesorios; como componentes secundarios aparecen abundante damourita y goethita (escasa).

La roca forma parte de una secuencia pelítico-arenosa - afectada por un metamorfismo térmico superpuesto a un metamorfismo regional, ambos de bajo grado, facies de los esquistos verdes, subfacies de la moscovita-biotita.

La alteración se manifiesta en la profunda damouritización de la andalucita y desferrificación de biotita, que da lugar al depósito de óxidos de hierro en los planos de clivaje y a una transformación en moscovita por baueritización.

Muestra referencia 18364

De estructura esquistosa y textura porfidolepidoblástica con abundante cuarzo y biotita-clorita y moscovita y andalucita (quiazolita) en menor proporción como minerales esenciales; como accesorios observamos opacos, especialmente sulfuros y probablemente materia orgánica, escasa goethita, turmalina y apatito muy escasos y trazas de circon y como accesorios es muy abundante la damourita y en menor abundancia aparece - sericita.

La roca parece tener dos episodios diferentes de cristalización. Hay superposición del metamorfismo de contacto sobre - el regional, y un proceso posterior de intensa alteración que da lugar a la concentración de óxidos de hierro en las líneas de clivaje. Hay que señalar como dato interesante la existencia de piritas idiomorfas, sin duda procedente de una postrera mineralización.

ESQUISTOS BIOTITICOS.

Muestra referencia 18052

Estructura esquistosa, y textura granolepidoblástica. Los componentes esenciales son cuarzo, moscovita y biotita, y los accesorios son escasos opacos y turmalina, muy escasa goethita y trazas de circón, sin que pueda apreciarse la existencia de minerales secundarios, excepto algunas limonitas.

Hay que señalar la ausencia de andalucita, por lo que la roca no ha debido ser muy afectada por el metamorfismo de contacto.

ESQUISTOS MOSCOVITICOS

Muestra referencia 17791

De estructura esquistosa y textura granolepidoblástica. Los componentes esenciales son cuarzo y moscovita abundantes, escasas andalucita y biotita-clorita, siendo los accesorios - turmalina en bastante cantidad, así como opacos (pirita y materia organógena), rutilo y escaso circón; entre los de alteración hay que señalar la mediana abundancia de goethita.

Corresponde a un metamorfismo de bajo grado. Se observa un relleno por opacos según bandas subparalelas a la esquistosidad, así como una microfisuración de los porfidoblastos, rellenas asimismo de goethita

ESQUISTOS BIOTITICOS-ANDALUCITICOS.

Muestra referencia 18376

Con no muy marcada esquistosidad y estructura granoblástica porfidoblástica. Los componentes esenciales, todos ellos abundantes, son cuarzo, moscovita-sericita y biotita, siendo los accesorios andalucita y minerales opacos, fundamentalmente pirita y materia organógena de abundancia media, escasos - turmalina y circón y trazas de rutilo; los secundarios son goethita, sericita y damourita.

La roca a la que pertenece esta muestra ha soportado un metamorfismo regional seguido de un metamorfismo de contacto, y existe la posibilidad de que se formaran porfidoblastos de cordierita, hoy totalmente sericitizados. La alteración es amplia, como muestran la presencia abundante de moscovita-sericita procedente en gran parte de alteración de andalucita.

Muestra referencia 17868

Estructura esquistosa, textura porfidolepidoblástica, y abundantes sericita-moscovita y clorita-biotita y escaso cuarzo como componentes esenciales. Minerales opacos, materia organógena y piritas son abundantes como componentes accesorios, entre los que están también andalucita en mediana abundancia y turmalina, rutilo y circón en escasa proporción; como secundarios hemos de señalar la presencia de goethita en escasa cantidad.

La muestra, representante de una serie pelítica muy meteorizada, presenta mineralizaciones de óxidos de hierro distribuidas de forma dispersa por las fisuras. La sericita-moscovita es abundante, como sustitución de las andalucitas.

ESQUISTOS MOSCOVITICOS-ANDALUCITICOS.

Muestra referencia 18373

Con estructura esquistosa y textura granolepidoblástica porfidoblástica, con cuarzo y sericita abundantes, moscovita y opacos (materia orgánica y piritas) en abundancia media - y andalucita. Como accesorios observamos turmalina y escasos rutilo y clorita, siendo la goethita, con abundancia media, - el principal componente secundario, aunque también hay clorita.

Pertenece a una secuencia en la que se superponen los - efectos del metamorfismo regional y de contacto. Las micas se adaptan a los porfidoblásticos de andalucita. Hay que señalar - la presencia de microfisuras rellenas de productos sericítico-arcillosos junto con opacos y algo de cuarzo, y la posible - existencia de un proceso de turmalinización.

Muestra referencia 17681

De estructura esquistosa y textura porfidolepidoblástica. La moscovita-sericita es el componente esencial de mayor abundancia, existiendo también cuarzo, opacos (pirita y materia - orgánica) y andalucita en mediana abundancia; los componentes accesorios, escasos, son rutilo, turmalina y clorita, siendo abundantes como accesorios la sericita-moscovita y la goethita.

La muestra está bastante alterada, correspondiendo a una serie que ha soportado un metamorfismo regional y de contacto de bajo grado, apreciándose sombras de presión. La que pudo - ser abundante andalucita está parcialmente alterada a sericita-moscovita.

FILITAS MOSQUEADAS.Muestra referencia 17804

Con estructura esquistosa y textura granolepidoblástica. Los componentes esenciales son moscovita-sericita muy abundantes, cuarzo en abundancia media, biotita escasa y minerales opacos, esencialmente materia organógena, bastante abundante, turmalina y andalucita escasa y trazas de apatito y rutilo; como mineral de alteración, aunque en escasa proporción, aparece la damourita.

Pertenece a una secuencia pelítica, y apenas está afectada por el metamorfismo de contacto. Las fisuras aparecen mineralizadas con limonita.

Muestra referencia 17736

De estructura esquistosa y textura lepidoblástica, lenticular, con moscovita-sericita abundantes, clorita-biotita en abundancia media y escaso cuarzo. Como accesorios aparece abundante rutilo y en menor cantidad turmalina, siendo escasos circón y andalucita.

Se observa un moteado que pudiera corresponder a antiguas cordieritas que han sido completamente cloritizadas. La materia organógena es escasa y está muy dispersa y no existe andalucita.

Muestra referencia 17693

Con estructura esquistosa, textura porfidolepidoblástica, con sericita-moscovita muy abundante, cuarzo escaso y abundantes minerales opacos, pirita y materia organógena. Entre los minerales accesorios se encuentran turmalina y rutilo, ambos - escasos, y como secundarios, goethita y sericita-moscovita.

Aparecen sombras de presión en algunas piritas y andalucitas, y éstas últimas han sido sustituidas parcialmente por - sericita-moscovita. Se observan microfisuras que cortan los - planos de esquistosidad y afectan a los porfidoblastos de andalucita, y que están rellenas de cuarzo hidrotermal y piritas.

Muestra referencia 17768

Estructura esquistosa, textura porfidolepidoblástica, y con abundantes sericita-moscovita y clorita-biotita y escaso cuarzo como componentes esenciales. Minerales opacos, materia organógena y piritas son abundantes como componentes accesorios, entre los que estan tambien andalucita en mediana abundancia y turmalina, rutilo y circón en escasa proporción; como secundarios hemos de señalar la presencia de goethita en escasa cantidad.

La muestra, representante de una serie pelítica muy meteorizada, presenta mineralizaciones de óxidos de hierro distribuidas de forma dispersa por las fisuras. La sericita-moscovita es abundante, como sustitución de las andalucitas.

Muestra referencia 17707

La muestra tiene estructura esquistosa y textura porfido lepidoblástica, donde sólo puede considerarse como abundante la moscovita-sericita, presentándose con mediana abundancia - el cuarzo, clorita-biotita, piritas y materia organógena y de forma escasa la andalucita. Como accesorios podemos considerar el escaso rutilo y las trazas de circón, y como secundarios se ñalamos la existencia de sericita-damourita.

Pertenece a una serie pelítica que ha soportado un metamorfismo regional y de contacto. Los agregados de clorita-biotita lepticulares pudieran corresponder a sustitución de cordierita, y en sus bordes se aprecia una mayor concentración - de componentes opacos. La andalucita está casi totalmente - transformada en productos sericíticos-moscovíticos.

CORNEANAS.Muestra referencia 17761

Es una corneana micácea de estructura granuda y textura granoblástica, cataclástica tipo stockwork. Los componentes - esenciales son moscovita y cuarzo, ambos abundantes; los accesorios están representados por goethita en abundancia, y opacos como pirita (a veces framboidal) y materia organógena en menor abundancia, biotita y turmalina escasa, y trazas de rutilo, andalucita, esfena y leucoxeno existiendo como secundarios damourita (muy escasa) y sericita.

La roca fue transformada por un metamorfismo térmico de grado relativamente alto lo que indica su proximidad al contacto. Su elevada tectonización destruye la primitiva estructura metamórfica y da lugar a un aspecto de stockwork con la red fisural rellena de goethita-hematites.

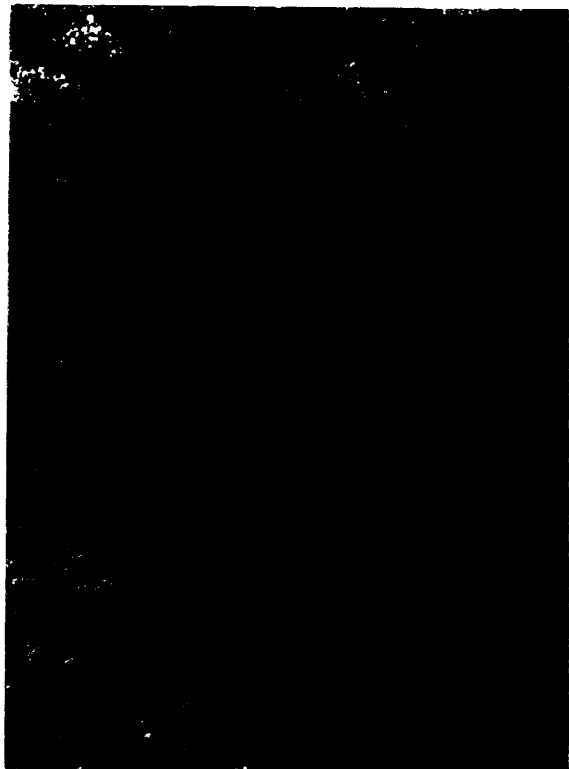
LAM. I



18351



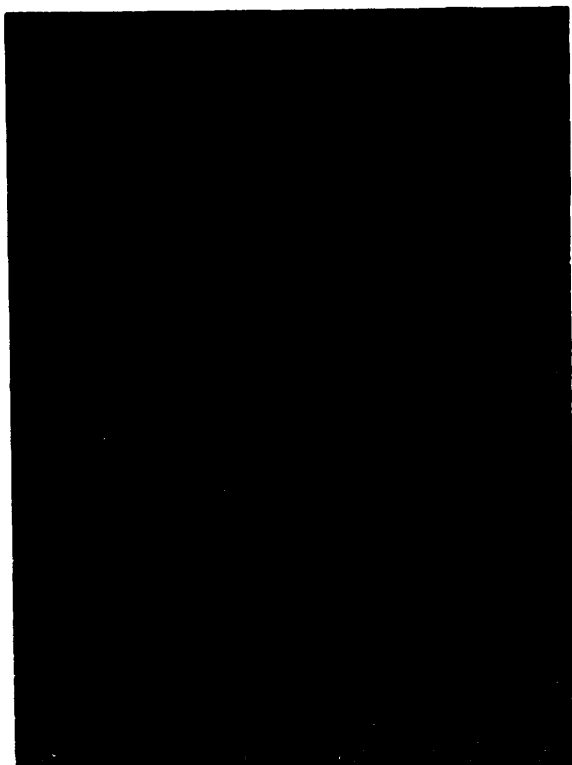
17875



17699



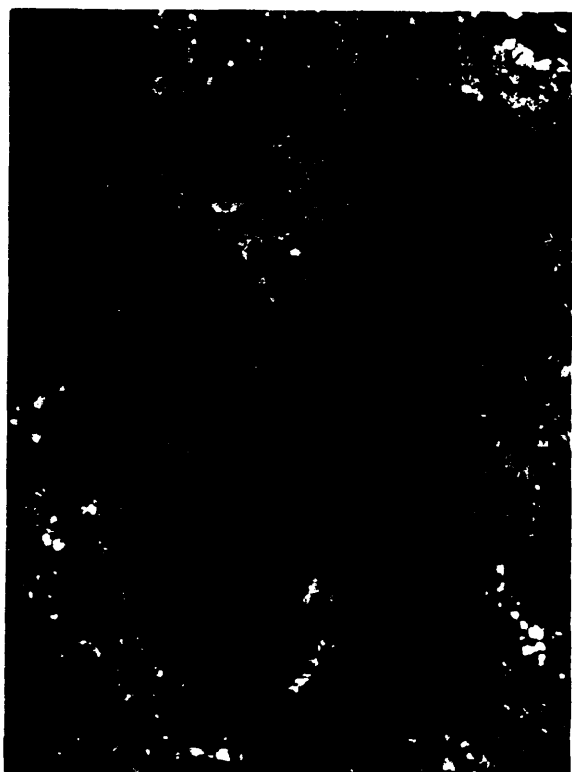
18364



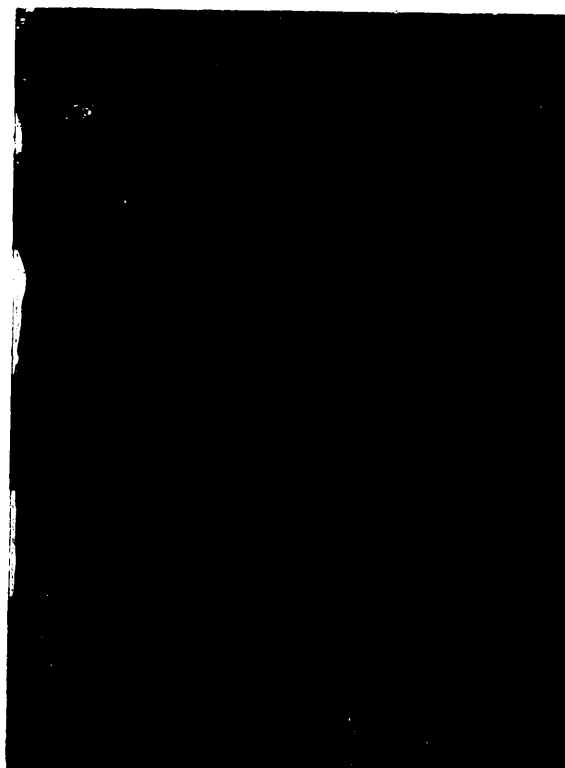
18052



17791

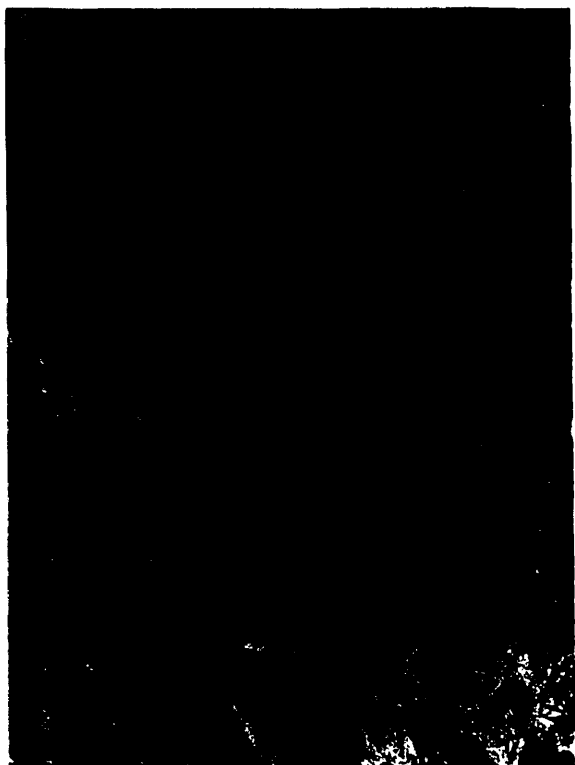


18376



17868

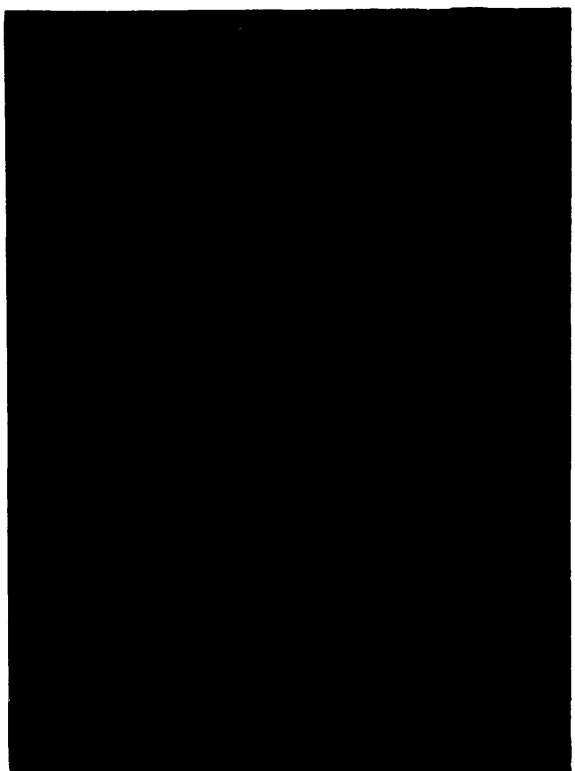
LAM. III



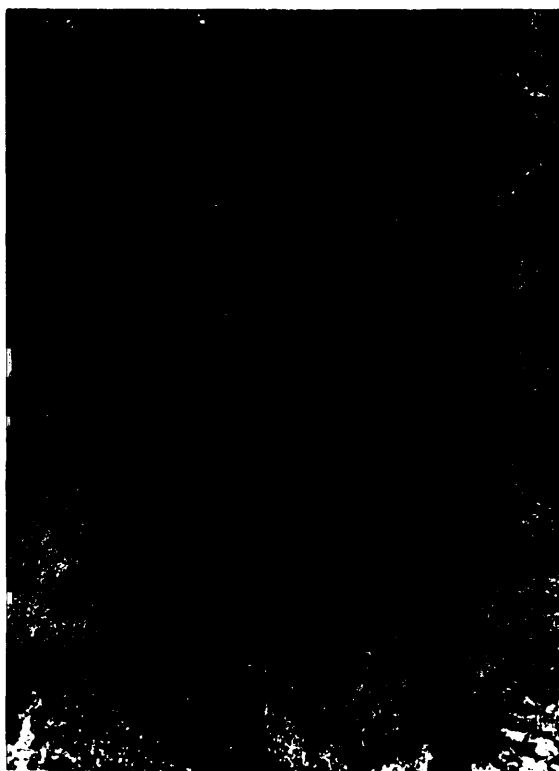
18373



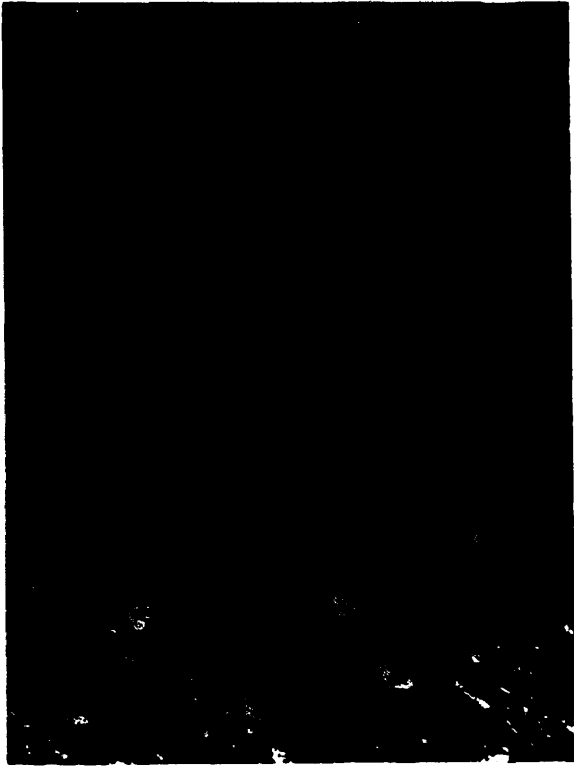
17681



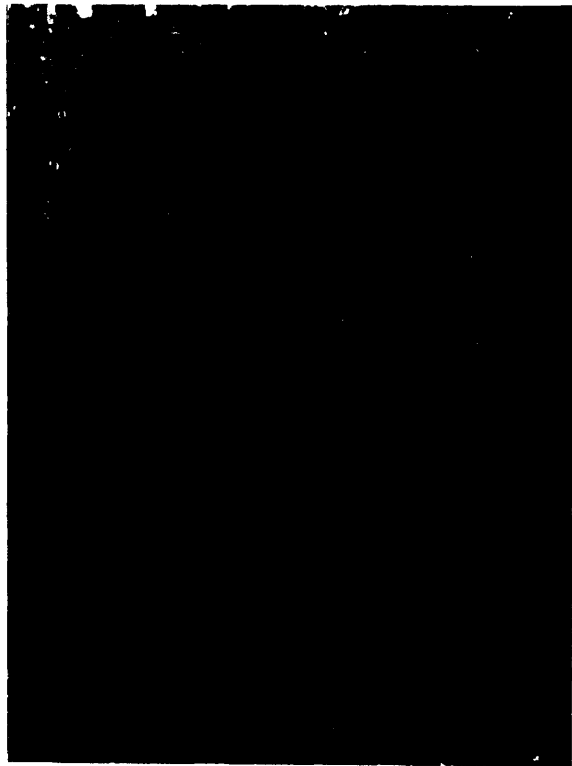
17804



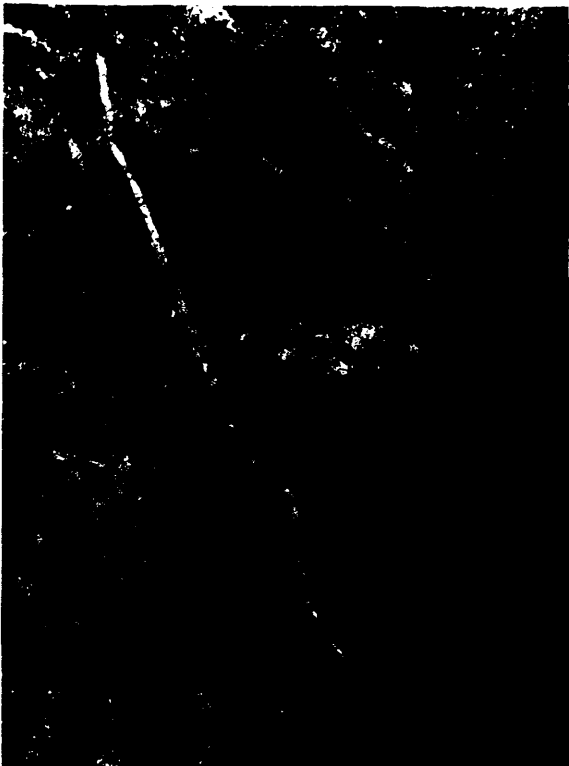
17736



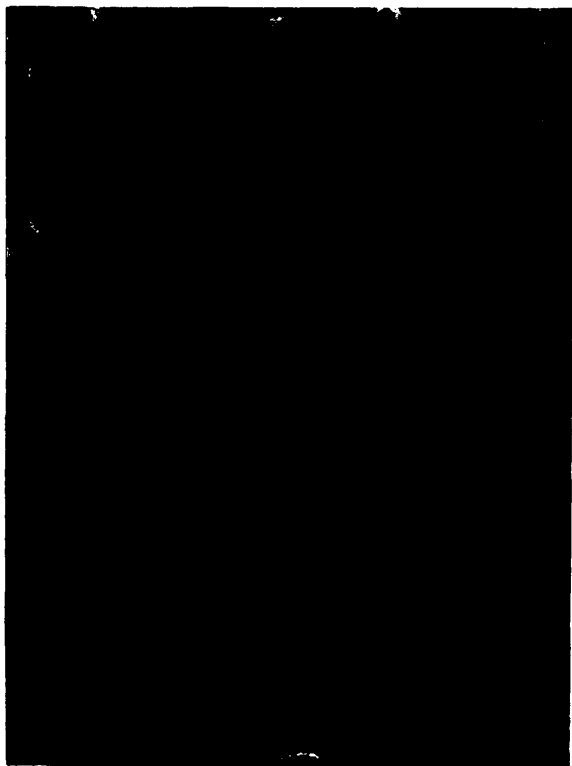
17693



17768



17707



17761

VI.7.2.

MINERALIZACION URANIFERA

Los minerales de uranio se localizan fundamentalmente en la serie pizarrosa con mayor abundancia de materia organógena, aunque en ocasiones tambien se presentan impregnando alguno de los niveles areniscosos.

La mayor parte del uranio está constituyendo formas criptocristalinas de difícil definición. Mediante el estudio con el microscopio polarizante y de reflexión y con análisis de rayos X y otras técnicas especiales (autorradiografías, cromatografía de contacto), se ha podido determinar la existencia de pechblenda y coffinita submicroscópicas, a las que se unen agrupaciones de mayor tamaño de óxidos negros (parapechblenda) y fosfatos como autunita, torbernita, saleíta, sabugalita, bas setita y fosfuranilita.

Ocupando diaclasas o allí donde la fisibilidad es más acentuada se constituyen cristales macroscópicos de minerales fosfatados y depósitos coloformes de óxidos negros.

La pechblenda y coffinita están asociadas preferentemente a las facies de pizarras más organógenas, mientras que las formas oxidadas se presentan junto a óxidos de hierro (goethita limonita) y en las zonas de mayor porosidad secundaria. Los estratos más arenosos estan menos mineralizados, aún cuando hay algunas formas hexavalentes, excepto en zonas más profundas del yacimiento en que aparecen formas reducidas, al igual que en los contactos con pizarras organógenas.

Junto a las mineralizaciones de uranio son frecuentes las de hierro y cobre, que son la mayoría de los opacos que aparecen en las láminas delgadas. Así, se presentan sulfuros como pirita, marcasita, melnicovita, calcopirita y covelina, óxidos e hidróxidos de hierro como magnetita, oligisto, goethita y li monita, y otros minerales tales como ilmenita, algunos nódulos de apatito y minerales de cobre como malaquita.

VI.8. HIPOTESIS GENETICAS

VI.8.1. INTRODUCCION

De todos es conocida la multiplicidad de formas en que se ha tratado de estudiar, definir, clasificar y delimitar las hipótesis genéticas de los diversos tipos de yacimientos, cuya discusión y análisis a nada nos conduciría en el presente trabajo.

Aceptando la idea de que un yacimiento no es más que una anomalía positiva de un determinado elemento sobre el contenido medio probable en una zona o el conjunto de la corteza terrestre y que se considera beneficiable, estamos en acuerdo con E. MINGARRO, en que los aspectos a considerar para definir su génesis son fundamentalmente tres: la fuente inicial del elemento, el tipo de transporte que ha sufrido y el modo en que se ha depositado en un determinado lugar, determinando las causas generadoras de estos tres procesos y teniendo en cuenta que la concentración ha podido realizarse en una o varias de estas etapas.

En el estudio de un yacimiento todas las observaciones y análisis se efectuarán sobre el "sistema deposición" y a partir del conocimiento de éste se debe intentar descifrar, a través de diferentes hipótesis, los dos sistemas que le deben preceder: el "sistema expulsión ó fuente" y el "sistema transporte".

El yacimiento se originará cuando a expensas de las fases dispersas del sistema (soluciones en poros, fracturas, película intergranular, fase fundida, granos dispersos), se formen nuevas fases sólidas. Ahora bien, en realidad, aquél no representa más que la posibilidad de un estado en equilibrio estacionario, cuya existencia, la mayoría de las veces, es precaria; sólo permanecerá como tal yacimiento cuando los diferentes parámetros intensivos (presión, temperatura, potencial químico, etc) adquieran valores constantes durante un determinado período de tiempo, ya que si éstos varían, el sistema pasa a ser metaestable y puede llegar a desaparecer.

VI.8.2. EVOLUCION HISTORICA

Para establecer las hipótesis genéticas será preciso que - éstas se ajusten en su viabilidad a la evolución histórica de los materiales y de la zona en la que se enmarca el yacimiento. El proceso normal en la exposición de la génesis es presentar de forma escalonada los procesos origen-transporte-deposición-enriquecimiento, pero como ya hemos indicado antes, siempre se parte de unos hechos observables, final del proceso, y por esto es por lo que nosotros partiremos de los datos actuales e intentaremos remontarnos hasta los iniciales aportes uraníferos.

ZONA DE ENRIQUECIMIENTO.

En el apartado VI.2. hemos presentado la morfología y estructura tanto de la zona externa como de las masas mineralizadas. Ante las especiales características morfológicas, que limitan - el yacimiento a una zona pequeña en relación con la amplia cuenca, es imperativo pensar en la existencia de unos procesos de - enriquecimiento posteriores a los iniciales aportes de uranio e incluso pensar en la posibilidad de que el yacimiento actual sea sólomente un retazo de otro más antiguo.

Es indudable, de acuerdo con el estudio efectuado en V.2. - que el afloramiento de las mineralizaciones está en relación con los niveles de penillanurización triásico-miocénica y los recubrimientos de rañas que fosilizan las superficies de erosión. De hecho, de O a E, las mineralizaciones son cada vez menos profundas, no sobrepasando en ningún caso los 60 m. (El Pedregal), y alcanzando la superficie en la zona del Lobo-Mesas de Poyatos. Ante este hecho, podemos suponer que el yacimiento se prolongaría

en principio hacia el E. Ahora bien, la tectónica de fracturación en bloques, resultado de la orogenia Alpina levantó las zonas más orientales, impidiendo la sedimentación de los materiales arcillosos del Terciario presentes en las zonas occidentales, ó si éstas se produjeron, fueron eliminados con posterioridad a los procesos plio-cuaternarios, época de deposición de las rañas, de las cuáles no hay vestigios en estas zonas. Podemos pues suponer que al menos desde el Plioceno estas áreas quedaron como bloque levantado y sometido a una intensa erosión, que ha hecho desaparecer la posible prolongación del yacimiento, junto con sus recubrimientos.

Hay que señalar asimismo que en las áreas investigadas, aún cuando las masas mineralizadas se mantienen dentro de los límites más o menos estrictos conocidos como "banda mineralizada", aquéllas presentan en detalle formas caprichosas y anárquicas, incluso con formaciones individualizadas y presentando muy diversas leyes, sin guardar relación con la persistencia de la litología que se considera roca de caja.

Si tenemos en cuenta que el proceso de enriquecimiento no ha podido ser selectivo en cuanto a situación geográfica, y que estas variaciones se dan en ambientes geológicos presumiblemente análogos, separados a veces por sólo distancias de metros, hemos de suponer un proceso posterior a la etapa de enriquecimiento que modifique la forma inicial de la mineralización.

Este proceso que individualiza formas no puede ser otro que el originado por la lixiviación cuaternaria apoyada en la red tensional de fracturas, diaclasas, etc, algunas de las cuáles afectan tanto a los metasedimentos como a los granitos. Esta lixiviación no ha tenido por qué producirse necesariamente y con igual intensidad en todas las fracturas, e incluso algunas de ellas han podido ser activas respecto de la circulación de aguas y posteriormente ser cerradas, ó bien ser reactivadas esporádicamente.

Apoyando esta hipótesis tenemos la presencia de agrupaciones de macrocristales que tapizan algunas pequeñas fracturas y la - más frecuente presencia en los planos de esquistosidad de las pi - zarras, vías seguras de circulación de aguas.

De acuerdo con todo ésto, podemos enunciar y aceptar como - válida la siguiente hipótesis:

H₁: La presencia, morfología y dimensiones actuales del ya-
cimiento viene condicionada por los procesos de fracturación, dia-
clasado y movimiento de bloques resultado de la orogenia alpina,
y de los procesos de lixiviación y erosión producidos durante el
período plio-cuaternario, de tal modo que sólo se conserva en -
aquellas zonas en que ha sido resguardado por recubrimientos de
rañas.

Tal como hemos visto en la exposición del apartado V.6., la presencia de uranio es independiente de la composición química de las litologías presentes (al menos en cuanto se refiere a los pa - rámetros estudiados), e indudablemente se ha producido con poste - rioridad a los fenómenos de metamorfismo, tanto regional como de contacto. La datación efectuada en el Laboratorio de Mineralogía de la J.E.N. para las mineralizaciones procedentes de la zona de oxidación aportan edades no superiores a los 40.000 años, lo que presupone que el proceso de enriquecimiento quedó fosilizado por los recubrimientos posteriores hasta épocas recientes.

¿Cómo pudo efectuarse el proceso de enriquecimiento?

Es conocida la gran movilidad del uranio, que pasa con suma facilidad a soluciones circulantes insaturadas. La evolución del sistema móvil constituido por los fluidos (agua) e iones disuel - tos vendrá regulado por los parámetros independientes P (presión hidrostática y litostática), T (temperatura de las soluciones), y μ_i (suma de potenciales químicos de solventes y solutos).

Termodinámicamente, la evolución espontánea del sistema quedará regulado por la función Energía libre de Gibbs:

$$G = f (T, P, \mu_{H_2O}, \mu_a \dots \mu_K)$$

$$d G = -S dT + V dP - n_{H_2O} d\mu_{H_2O} - n_a d\mu_a - \dots - n_K d\mu_K$$

Podemos asegurar a priori que las soluciones son diluídas, por lo que el potencial químico del agua permanecerá constante - al permanecer constante su fracción molar, y por tanto, será:

$$d G = - S d T + V d P + \mu_{H_2O} d n_{H_2O} - n_a d \mu_a - \dots - n_K d \mu_K$$

Según la regla de las fases, en un sistema en circulación só lo es posible una fase estable, la propia de la solución, y no - puede tener lugar precipitaciones de minerales sin que quede destruido el equilibrio del sistema. Sin embargo, pueden alcanzarse unos valores de los parámetros independientes para los cuáles la mineralización se efectúa de forma espontánea; se dice que se han alcanzado las condiciones de univarianza.

Teniendo esto en cuenta y considerando que los parámetros - independientes pueden ser P, T y μ_i , creadores de campos de gradientes, tendremos tres posibilidades de formación del yacimiento, suponiendo de forma alternativa que dos de ellos permanecen constantes y el tercero es variable. Adaptando éste último a las condiciones de la zona en el supuesto momento de enriquecimiento, - estos tres casos posibles, serán:

a) La precipitación del uranio se ha producido al alcanzarse la curva de univarianza en un campo de presiones para un determinado valor de P y para T y μ_i constantes: si consideramos que -

los procesos de infiltración generadores del enriquecimiento son tardíos, entendiéndose por tal el que se han producido después de los últimos procesos de reajustes tectónicos y de las últimas intrusiones graníticas, no debemos contar con otros gradientes de presión que los generados por la propia presencia de los fluidos que constituyen las disoluciones. Los dos tipos de flujos posibles son 1) verticales, y 2) horizontales.

Los primeros sabemos que están regulados por el peso específico de los fluidos percolantes, $\gamma_f = \rho \cdot g$, y por el potencial mecánico de los fluidos existentes en el interior; P_f , de tal modo que los flujos geológicos verticales serán ascendentes, si $\partial P_f / \partial z > \gamma_f$ y descendentes, cuando $\partial P_f / \partial z < \gamma_f$ alcanzándose el equilibrio cuando $\partial P_f / \partial z = \gamma_f$. Es decir, el flujo solamente se producirá hasta alcanzar un nivel geohidrostático determinado.

Los flujos horizontales, subparalelos a la corteza, se producen cuando surge un gradiente de presión hidrostática entre dos puntos del sistema fluido, el cual es engendrado por diferencias de altitud ó carga hidráulica al producirse desplazamientos de los macrosistemas en el campo gravitacional. Vienen regulados por la ecuación $J_v = -K \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial P_H}{\partial x} \right)$, siendo K = coeficiente de conductividad, ρ = densidad del fluido, P_H = presión de la columna de fluido y x = distancia normal al radio de la Tierra.

Ahora bien, si estamos analizando la posibilidad de formación de minerales a partir de una disolución por alcanzar la curva de univarianza en un campo de gradientes de presión, será preciso que el flujo de las aguas de detenga ó permanezca constante durante un período de tiempo suficiente. Indudablemente, en el caso de los fluidos horizontales, ésto no se vá a conseguir, puesto que el régimen de aportes, esporádico, no es capaz de mantener un nivel de carga constante. Unicamente será posible alcanzar la curva de univarianza en el caso de circulación vertical, cuando el potencial hidráulico se equilibre con el potencial gravitatorio, ó lo que es lo mismo, la presión hidrostática sea equivalente a la

presión litostática. Como ésto, en el caso de circulación abierta sólo puede producirse cuando se alcancen, sin influencia de otros factores ajenos, grandes profundidades. y éste no es nuestro caso, podemos asegurar que,

La hipótesis de que el origen de la mineralización sea el haber alcanzado la línea de univarianza en un campo de presiones mientras T y μ_i permanecen constantes debe ser rechazada. El campo de presiones hidrostáticas, únicas presentes, producirán gradientes cuya única influencia será la de proporcionar un régimen continuado de aportes.

b) El enriquecimiento se ha producido en un campo en el que P y μ_i permanecen constantes, al alcanzarse la curva de univarianza de temperatura.

No podemos aceptar esta posibilidad como viable, en cuanto que hemos admitido que el yacimiento actual es reciente y por tanto los gradientes térmicos posibles (diferencias granitos-metasedimentos) serían anteriores. Las diferencias de T entre la superficie y el interior, provocarían efectos de capilaridad, a todas luces insuficientes para producir una mineralización del volumen que presenta actualmente.

Debemos así despreciar la hipótesis de que el yacimiento se haya producido por enriquecimiento al alcanzar las soluciones la curva de univarianza en un campo en que el único parámetro independiente es la temperatura.

c) El parámetro independiente condicionante de la precipitación de minerales de uranio son los potenciales químicos, manteniéndose constantes P y T .

En este caso, la función de la energía libre de Gibbs toma la forma

$$G_{T,P,n_{H_2O}} = f(\mu_i) \quad d(\Delta G) = - \sum n_i d\mu_i$$

Esta ecuación corresponde a un sistema móvil de disolución acuosa en el que aparecen disueltos iones en diferentes estados de ionización. Como esta ecuación en sí nada nos dice respecto a los parámetros que hemos analizado en el trabajo, será preciso transformarla en otra más asequible

Sabemos que

$$\Delta G = \Delta G^0 + R T \ln K$$

y que $\Delta G = n \mathcal{F} E$ $\Delta G^0 = n \mathcal{F} E^0$

siendo n el número de electrones intercambiados en la reacción

De estas tres ecuaciones, se deduce la conocida ecuación de Nernst

$$E = E^0 + \frac{RT}{n \mathcal{F}} \ln K = E^0 + \frac{2.303 RT}{n \mathcal{F}} \log K$$

y para 25°C

$$E = E^0 + \frac{0.059}{n} \log K$$

Este potencial E es el conocido como potencial de oxidación-reducción, denotado por Eh. En nuestro caso, en el que suponemos que las reacciones se efectúan en un medio acuoso, interviniendo como reactivo el agua pura, tendremos una reacción del tipo



en la que

$$K = \frac{[\text{MeO}]^m [\text{H}^+]^{2m}}{[\text{Me}^{++}]^m [\text{H}_2\text{O}]^m}$$

y en la ecuación de Nernst para 25°C, queda:

$$E_h = E^0 + \frac{0.059}{n} \log \frac{[MeO]^m [H^+]^{2m}}{[Me^{++}]^m [H_2O]^m}$$

Si hacemos

$$\frac{[MeO]^m}{[Me^{++}]^m [H_2O]^m} = Q$$

y sustituimos,

$$E_h = E^0 + \frac{0.059}{n} \log Q + \frac{0.059}{n} \log [H^+]^{2m}$$

pero como

$n = n^e$ de electrones intercambiados en la reacción = 2 m
y $\log [H^+] = -pH$

tenemos definitivamente

$$E_h = E^0 + \frac{0.059}{n} \log Q - 0.059 pH.$$

Hemos obtenido así una ecuación en la que tenemos ligados E_h y pH con el valor de una constante A. Esta constante, relacionada con las actividades de los iones presentes, en las condiciones de equilibrio en que

$$G = \text{mínimo} \quad \text{y por tanto} \quad d(\Delta G) = 0.$$

será igual a la constante de equilibrio, $Q = K$

y en estas condiciones será posible la precipitación de un minera

Serán pues los valores de Eh, pH y Q los que condicionen la precipitación del uranio en el momento en que se logren unas relaciones determinadas que nos definan la curva de univarianza. La variabilidad de estos parámetros vendrá condicionada por las diferencias metasedimentos-granitos o por las existentes entre las diversas litologías de las pizarras.

A lo largo de todo este razonamiento hemos conseguido establecer una identidad entre el que consideramos parámetro independiente, $\sum n_i \mu_i$, y los valores Eh, pH y Q, en cuanto condicionantes de la existencia de la curva de univarianza. Podemos asegurar por tanto una correspondencia entre los campos de gradientes del primero y de los segundos.

En el apartado VI.7. hemos demostrado que en efecto existe una estrecha relación entre los valores de los parámetros Eh, pH y contenido en uranio. El rango de variabilidad actual, situado para el pH entre los valores 6,8 y 2.2, con medias de 3.14 para la familia A; 3.41 para B; 3.42 para C; 4.35 para D y 5.82 para E. Y para el Eh entre 700.0 y -360.0 mV con medias 590.83 para A; 552.30 para B; 525.45 para C; 472.35 para D y -255.00 para E, son lo suficientemente grandes, especialmente respecto al Eh, como para poder considerar la existencia de unos valores para los que se pudiera alcanzar la curva de univarianza dadas unas condiciones definidas de P. y T.

De acuerdo con todo esto, podemos establecer como válida la teoría de que la pechblenda, mineral de uranio más frecuente en el yacimiento, se formó espontáneamente al alcanzarse sus condiciones de estabilidad determinadas por la curva de univarianza de los potenciales químicos, $\sum \mu_i$.

La gran variabilidad de los valores de los potenciales de oxidación-reducción, que toman valores desde negativos a positivos bastante altos, nos permite considerar que ha sido el Eh el verdadero parámetro condicionante de la mineralización que sería de uraninita-pechblenda, y está representada por la familia E del apartado VI.7.

Los minerales de uranio que se presentan en mayor proporción en el yacimiento son la pechblenda y la coffinita en formas criptocrystalinas que consideramos primarias. La existencia de minerales hexavalentes es resultado de etapas genéticas posteriores y en su formación tomarán parte activa la circulación o infiltración de aguas, pero serán debidas no a la influencia del Eh y pH, sino a alcanzarse concentraciones de saturación de iones en la disolución, es decir, vendrá regulado por la Q ó K de equilibrio.

El problema que se plantea es: ¿Cuál ha sido la causa generadora de los gradientes de Eh condicionantes de la mineralización?.

Si tenemos en cuenta que el granito es una roca de ambiente reductor, al igual que las pizarras organógenas, y que por otra parte existen concentraciones de uranio situadas en zonas externas a las que podríamos considerar de influencia del granito - (recordemos que se trata de una intrusión de baja temperatura - que proporciona débiles efectos de metamorfismo de contacto), - debemos buscar un tipo de condicionante ajeno al cambio granito-metasedimentos.

Este factor condicionante no es otro que la presencia de materia organógena, en muy diversas proporciones y en diferentes rangos de carbonización. Por otra parte, deberemos tener en cuenta que los fenómenos de oxidación-reducción dan lugar a efectos de tipo competitivo, según el cual cada ion trata de imponer su potencial de oxidación-reducción, formándose unos u otros tipos de minerales de acuerdo con la presencia/ausencia de determinados iones, de sus fracciones molares y de la estabilidad de los minerales.

Anteriormente hemos considerado que los iones de uranio son removilizados por la acción de aguas supergénicas de carácter - fuertemente oxidante en contraste con las aguas de saturación de las pizarras ampelíticas organógenas, fuertemente reductoras. Estas diferencias darán origen a campos de gradientes de Eh, de tal modo que las curvas de univarianza del potencial de oxidación-reducción se desplazarán en profundidad y lateralmente de acuer

do con los aportes de aguas meteóricas y de la circulación de - las aguas profundas, oxidantes las primeras y reductoras las segundas, precipitando el uranio según bandas paralelas de acuerdo con el frente de avance ó retroceso de estos frentes de aguas.

Ahora bien, para que la precipitación sea posible, es necesario que el frente de mineralización permanezca constante durante un período de tiempo lo suficientemente grande como para que las soluciones puedan concentrarse y los minerales tengan tiempo para formarse.

La estabilidad de los niveles hidráulicos queda condicionada por la penellanurización general de Extremadura, etapa de larga duración que indudablemente propicia la formación de yacimientos, en los que los minerales de uranio, de baja presión de cristalización en comparación p.e., con los cristales de pirita, calcopirita, etc, se alojarían en la más o menos irregular red fisural.

Todo el proceso lo podríamos resumir en los siguientes pasos:

- 1) Penillanurización triásico-miocena
- 2) Removilización por aguas meteóricas oxidantes que lixivian el uranio disperso de las zonas superiores y que pasa a - formas hexavalentes.
- 3) El uranilo percolante precipita por modificaciones de los potenciales químicos por influencia de las variaciones de Eh al alcanzarse la curva de univarianza en los niveles superiores de la zona de reducción. Estas mineralizaciones en forma de coffinita y pechblenda se alojarían en los espacios intersticiales, dando lugar a un yacimiento de - tipo microstockwork, que es la forma de presentación actual.
- 4) Las fluctuaciones de los niveles hidráulicos debidas a - sucesivos aportes de aguas meteóricas darían origen a formas oxidadas hexavalentes que reprecipitarían a partir de de sus soluciones al sobrepasarse los productos de solubilidad.

De acuerdo con el proceso hasta aquí expuesto, podemos tomar como hipótesis que alcanza una mayor probabilidad de verosimilitud, la siguiente:

H₂: El enriquecimiento se debe a procesos de recristalización en forma de minerales de uranio tetravalente de los átomos removidos lixiviados en forma de iones uranilo por las aguas meteóricas oxidantes a partir de formas diversas. La recristalización tendrá lugar fundamentalmente en fracturas, diaclasas y superficies de esquistosidad, según con un proceso de oxidación-reducción, al alcanzar las soluciones externas los niveles superiores de las zonas de ambiente reductor sorbido por la presencia de materia orgánica. Desde las iniciales formaciones, parte del uranio podría alcanzar toda la masa de la roca de caja de acuerdo con un fenómeno de difusión.

Expuestas las hipótesis de enriquecimiento, que en realidad son las de formación del yacimiento actual, debemos exponer las fases que le han precedido. Para una mayor claridad trataremos de presentarlas conforme su ordenación cronológica.

En nuestro caso será preciso remontarse a los iniciales procesos de sedimentación y avanzar hasta alcanzar el momento actual teniendo en cuenta la influencia de los diferentes fenómenos tectónicos o geomorfológicos que de alguna forma han podido condicionar la presencia o desaparición de la mineralización.

SEDIMENTACION DE PELITAS CARBONOSAS:

Dada la movilidad del ión uranilo, el problema se plantea en cómo quedó inicialmente fijado en los sedimentos. Tres hipótesis pueden presentarse al respecto:

- 1) El uranio es singenético con el sedimento, y ha quedado fijado por sorción con la materia orgánica y las arcilla

- 2) El uranio es aportado a las capas más superficiales de la cuenca por ascensión con el agua expulsada por los procesos diagenéticos y de metamorfismo.
- 3) El uranio es aportado por emanaciones hidrotermales a partir de granitos presedimentarios ó de rocas básicas no aflorantes.

Los estudios de Andreiev y Chumachenko (1.964) han mostrado mediante cálculos termodinámicos que la materia orgánica crea un ambiente de reducción propicio para la precipitación del uranio, independientemente de que pueda formarse SH_2 durante los procesos de descomposición. Asimismo, es notoria la capacidad de la materia orgánica de adsorber por simples procesos físicos (retención mecánica) átomos de uranio. La combinación en forma de sales, quelatos, etc., del uranio con los ácidos húmicos (complejos urano--orgánicos) es uno de los principales fenómenos de enriquecimiento singenético en muchos tipos de sedimentos.

El uranio en relación con la materia orgánica podrá aparecer tanto en combinaciones urano-orgánicas de difícil separación por constituir verdaderos compuestos químicos, como precipitado en formas submicroscópicas en los espacios intermedios en los que domina el ambiente reductor.

Tampoco hemos de olvidar la evidente relación observada al microscopio entre las mayores concentraciones de uranio y las pizarras de grano más fino, lo que nos señala también una inicial concentración de uranio en estos sedimentos, sin duda por efectos de sorción por las arcillas.

Podemos pues establecer que inicialmente el uranio quedaría fijado en las litologías con elevado contenido en materia orgánica y de grano más fino por simples fenómenos físicos o por formación de verdaderos compuestos químicos en forma de complejos urano--orgánicos.

Esta teoría se apoyaría asimismo en el hecho repetidamente constatado en las labores de investigación del yacimiento, que muestran un empobrecimiento en uranio de las litologías con tamaño de grano más grosero, completamente cementados por procesos posteriores a la sedimentación (diagénesis) y que por tanto no han podido ser lixiviados en épocas más tardías.

Los aportes de uranio a las capas más superficiales de la cuenca durante los fenómenos de diagénesis y metamorfismo pudiera constituir una vía de enriquecimiento. Sin embargo, debemos tener en cuenta el hecho de que excepto en la estrecha banda que constituye el yacimiento, no hay un aumento del tenor medio en la cuenca, tanto arealmente como en profundidad.

El yacimiento en estudio se ajusta en líneas generales al esquema metasedimentos-granito, para los que durante mucho tiempo se ha considerado que el uranio es aportado directamente por la roca plutónica ácida. Nosotros estamos más de acuerdo con las ideas de Page (1.960) de que la relación espacial metasedimento-roca ácida es más aparente que real, pues las anomalías de U registradas en el granito son de muy escaso valor, y en todo caso, estaría asociado a la red de circulación, filones y aplitas, hecho que no aparece. Debemos pues desechar el granito como fuente del uranio.

La posibilidad de relación con rocas básicas propuesto por algunos autores para yacimientos análogos al estudiado no parece viable, en cuanto que no se ha podido advertir ningún dato observable que propicie la existencia en profundidad de este tipo de rocas. Además, el hecho cierto es que el tenor medio de todas las pizarras de la cuenca se mantiene constante.

El otro posible elemento portador de uranio serían los mismos metasedimentos en los que se localiza el yacimiento.

Los análisis geoquímicos nos muestran que el contenido medio

en uranio en los granitos es de 3,8 p.p.m. En las pizarras en general es de 3-4 p.p.m. (Vernon, 1.961) pero en las llamadas pizarras negras, de elevado contenido en materia orgánica inicial como es el caso de las presentes en la zona en estudio, la proporción de uranio fluctúa entre 3 y 250 p.p.m. con un promedio de 8 p.p.m.

No hay inconveniente por tanto en suponer que las pizarras negras, con alto contenido en materia orgánica constituyen el material origen del uranio presente en el yacimiento. La incorporación a las pizarras se efectuaría a partir del agua marina por sorción del uranio procedente de la lixiviación y destrucción de rocas preexistentes.

Como conclusión, podemos plantear como definitiva la siguiente hipótesis:

H₃: El uranio concentrado en el yacimiento actual procede de una mineralización anterior de tipo disperso, singenético con las pizarras organógenas y de grano más fino, en las que quedó fijado por fenómenos de tipo físico (sorción) ó químico (complejos urano-orgánicos), a partir del agua del mar.

INFLUENCIA DE LOS FENOMENOS DE DIAGENESIS; METAMORFISMO, PLEGAMIENTOS E INTRUSIONES GRANITICAS.

La acción de todos y cada uno de estos procesos que indudablemente han afectado a la concentración primera, han debido influir en la movilización, lixiviación y posterior recristalización, aún cuando la mineralización estuviera en forma dispersa. Los efectos principales se apreciarán en la expulsión, movilización y transporte de los iones de uranio.

Ahora bien, sabemos que el sistema transporte viene condi-

cionado por las diferencias de concentración de uranio en el -
 caso de que se efectúe por difusión, o por gradientes de presión
 hidrostática en el caso de que sea por circulación.

Si admitimos que los procesos de difusión siempre están -
 presentes y que su velocidad e importancia son prácticamente -
 despreciables comparados con los de circulación cuando éstos -
 existen, centraremos nuestra atención en las posibles causas que
 han provocado diferencias de presión a lo largo de la evolución
 de la cuenca:

1) Proceso de diagénesis y metamorfismo regional.

La continuada colmatación del geosinclinal durante el -
 Precámbrico que dió lugar a las series de enormes espesores de
 pizarras que constituyen la litología típica de Extremadura, -
 provocaría sin duda una expulsión de aguas de imbibición de los
 sedimentos por fenómenos de compactación, recristalización, etc.
 Estas aguas, con gran cantidad de iones en disolución, ascende-
 rían desde las zonas más profundas hacia capas más someras, gra-
 cias a un sistema de infiltración o difusión establecido por di-
 ferencias de gradientes de presión entre las partes más profundas
 del geosinclinal y las superficiales.

Los procesos de diagénesis y metamorfismo regional producen
 cambios mineralógicos y estructurales lo suficientemente fuertes
 como para que el uranio adsorbido, el combinado en forma de com-
 plejos urano-orgánicos y aún el que pudiera estar constituyendo
 minerales propios, quede liberado y pase a las interfases. La -
 creación de gérmenes en estas interfases podrían dar lugar poste-
 riormente a otros nuevos minerales.

En esencia, tendríamos una anomalía de uranio constituida
 por uraninita dispersa, pero que en modo alguno podríamos consi-
 derar como yacimiento.

2) Fase de plegamiento y de intrusiones plutónicas pre ó sinsecuente con el metamorfismo regional.

Las sucesivas orogenias que han afectado al yacimiento hasta llegar a los movimientos alpinos que han provocado sin duda la actual disposición de bloques individualizados por fallas podrían haber afectado a las iniciales mineralizaciones. Sin embargo, la estructura general de la zona corresponde a una serie isoclinal de pliegues similares muy apretados, en los cuáles no aparecen vías de circulación de aguas, excepto en fallas y posibles despegues, por tratarse de pliegues generados por efectos de compresión.

No tenemos hoy indicio alguno que pueda indicarnos la posibilidad de formación de mineralizaciones, por lo que debemos suponer que no las hubo o que en todo caso, si existieron, han desaparecido. Los posibles efectos de removilización y redeposición del uranio se han perdido totalmente, aunque, por otra parte, hay que señalar que en todo caso respondería a concentraciones dispersas, uniformemente distribuidas por la red fisural, - que en nada modificarían las condiciones del tipo de yacimiento preexistente y sin ninguna relación con el actual yacimiento.

La intrusión de granitos en los sedimentos provoca dos fenómenos: a) Elevación del nivel de base y plegamientos (según esquema de Belousov). b) Fenómenos de metamorfismo de contacto.

En ambos casos habrá un aumento de gradientes, en el primer caso de P y en el segundo de P y T que movilizarán las aguas y podrán ejercer una acción de lixiviación del uranio, todavía en forma de átomos adsorbidos o ya en forma de uraninita dispersa; pero al igual que en el caso anterior, su influencia en la concentración de grandes masas mineralizadas ha sido prácticamente nula.

3) Intrusión subsecuente y formación de aureolas de contacto: La intrusión de los granitos de las últimas etapas provoca un metamorfismo de contacto de grado no muy elevado que afecta a una banda de metasedimentos no demasiado extensa, caracterizada por la presencia de grandes cristales de andalucita y quiasolita (pizarras mosqueadas), y cuyos efectos sobre el uranio - pueden sintetizarse en dos hipótesis, una que participa de la etapa de movilización y otra que podemos considerarla ya como - perteneciente a la etapa de fijación. Estas hipótesis, serían:

a) Movilización por efectos térmicos y de presión, - utilizando como vehículos los fluidos hidrotermales, en fase - ácido-reductora, en forma de $U(OH)^{3+}$ y UO_2^+ .

b) Recristalización en forma de uraninita en medio - neutro-reductor y paso definitivo de la materia orgánica a las formas grafitosas presentes actualmente.

Estos dos tipos de procesos debemos también desecharlos en cuanto a posibilidad de que constituyan factores de concentración del uranio en formas tales como las que encontramos hoy en el yacimiento, pues únicamente pueden producirse formas filonianas en el caso a), y efectos de difusión y cambios de tipos de cristalización en el caso b).

ULTIMAS ETAPAS DE LA EVOLUCION. FORMACION DEL YACIMIENTO.

Todos los fenómenos anteriores, incluyendo las etapas de la orogenia alpina, cuyos efectos se traducen exclusivamente en una fracturación y removilización de bloques con la única influencia de proporcionar una mayor intensidad y profundidad de la red fisural abierta, sólo servirán para removilizar, o mejor, trasladar el uranio de unas zonas a otras, produciendo como máximo pequeñas concentraciones o zonas de enriquecimiento disemina-

das por toda la cuenca, y que en modo alguno responderían al tipo de yacimiento actual.

Podemos considerar que el enriquecimiento en uranio de algunas zonas determinadas de la cuenca es posible en cuanto que - aquél pasa a formar parte del sistema móvil, de tal manera que las formas dispersas serán lixiviadas y depositadas de nuevo - allí donde el sistema móvil quede destruído ó donde se alcancen las líneas de univarianza de los minerales de uranio.

Serán los fenómenos subsecuentes a las últimas removilizaciones tectónicas, es decir, los fenómenos de penillanurización y posterior recubrimiento los que den lugar al yacimiento actual tal como se expuso en el principio de este capítulo, en la parte que hemos titulado ZONA de ENRIQUECIMIENTO.

Para poder efectuar el estudio completo de la formación del yacimiento, acudiremos al esquema origen-transporte-deposición, estudiando los posibles factores y fenómenos que han podido - actuar.

SISTEMA ORIGEN

Consideremos ante todo cuáles son las posibles fuentes del uranio.

Sería preciso remontarse a la inicial consolidación de la corteza o incluso a las relaciones geoquímicas y fisicoquímicas entre los átomos para determinar la procedencia u origen primigenio del uranio. Como no es nuestra intención el establecer la historia del átomo de uranio desde su constitución como tal hasta su aparición en un determinado yacimiento, consideramos como "fuente" al estado precedente inmediato al de su presentación actual.

De acuerdo con el principio de Lyell, actualmente estarán

formándose yacimientos y podemos considerar que el origen del uranio que se concentre en ellos, dejando aparte los posibles aportes suministrados por fenómenos magmáticos, no es otro que el de yacimientos análogos formados en épocas anteriores y que han sido destruidos por la acción de los agentes externos. Estos yacimientos, desaparecidos o en trance de desaparición, pudieron constituir en sí verdaderos yacimientos beneficiables, o bien responder a una forma de mineralización de tipo disperso.

Denominamos "roca fuente" a la unidad geológica de la cual formaba parte el uranio en un estado de equilibrio anterior y de donde sale sin romper el equilibrio termodinámico mediante la acción de un determinado mecanismo de liberación, pasando a integrarse en la serie de componentes de la fase móvil que caracteriza al sistema de transporte.

Podemos pues considerar dos tipos de yacimientos fuente: unos que llamaremos, con E. Mingarro, de concentraciones primeras, sin duda los de mayor interés como origen primario del uranio y otros los de removilizaciones superficiales, debidos a las alteraciones de yacimientos preexistentes correspondientes a los tipos anteriores.

Estipuladas las condiciones que debe reunir la llamada roca fuente, aparece inmediatamente el primer concepto de clasificación. Podemos distinguir entre yacimientos singenéticos, concentrados en la misma roca fuente, y epigenéticos, donde la concentración se debe a aportes externos. Sin embargo, ya en esta división existen controversias en cuanto a la utilización del término "singenético", según que se refiera a la formación de minerales componentes de la roca ó al considerar los elementos contenidos en ella al margen de su integración en un determinado mineral. Hoy se considera únicamente el aspecto de aporte externo al sistema, de tal modo que "se consideran singenéticos los yacimientos formados por reorganización, en mayor o menor grado, de los elementos químicos existentes en la propia unidad geológica

y epigenéticos los yacimientos en los que es evidente un aporte de materia" (E. Mingarro, 1.964).

Los distintos autores que han tratado del origen de los minerales de uranio se adscriben a una de las dos tendencias metalógicas establecidas: a) Los que suponen que el aporte de uranio se debe a percolación de aguas supergénicas, no magmáticas ni juveniles, enriquecidas por disolución del uranio disperso en granos detríticos, rocas cristalinas, etc., y b) Los que suponen que el aporte de uranio está condicionado por la presencia de flúidos residuales pertenecientes a las últimas fases de la consolidación magmática.

En los apartados anteriores de este capítulo hemos señalado que el origen del uranio acumulado actualmente no es otro que el contenido en las pizarras organógenas, adsorbido en ellas a partir del que debiera estar disuelto en el agua marina de la primitiva cuenca del geosinclinal. Teniendo esto en cuenta, debemos aceptar como válida la tendencia a), desechando definitivamente la b).

Establecida la posible fuente origen del uranio, debemos especificar si se trata de un yacimiento singenético o epigenético. Creemos que está suficientemente claro que el yacimiento actual es del tipo epigenético, en cuanto que si hemos considerado que la roca origen del uranio son los mismos metasedimentos y éstos presentan un desigual contenido en uranio en toda la cuenca con una máxima anomalía reducida a una pequeña área, es natural en pensar en un transporte y una posterior concentración en determinados lugares privilegiados. Se trataría pues de un yacimiento epitermal con uranio epigenético, aceptando para este término la definición antes enunciada.

SISTEMA TRANSPORTE.

Es la zona de desplazamiento del elemento desde la roca -

fuente hasta el definitivo emplazamiento.

La acción de agentes externos al sistema crean gradientes de fuerzas que modifican el equilibrio y liberan el uranio al crearse un flujo metalogénico. Este uranio libre pasará a formar parte de los componentes móviles y se situará en régimen de "no equilibrio termodinámico" sometido a la acción de gradientes de parámetros intensivos tales como P , T , etc.

Los flujos base del transporte pueden ser continuos y decimos que la transferencia de componentes metalógenos se realiza por conducción, o bien pueden ser discontinuos, moleculares, - atómicos o iónicos, y decimos que la transferencia se realiza por difusión. Aceptado hoy día que la mayoría y los más importantes de los flujos metalogénicos son los que están constituidos por soluciones diluidas, en los que naturalmente es parte principal y fundamental el agua, podemos considerar un tercer tipo de mecanismo de transporte, el de infiltración; este último es el proceso dominante en todo el espacio metalogénico, mientras que la conducción sólo surge como fenómeno esporádico, excepto en las zonas someras.

La causa o motor de la difusión es la existencia de un gradiante de concentración de uranio en el fluido, que necesariamente tiene que existir cuando en un punto de la solución aparece un germen cristalino estable, es decir, cuando se inicia - una deposición de minerales de uranio.

En el caso de circulación, el motor es el gradiente de presión hidrostática y la velocidad a que se realiza el transporte es más rápida. En realidad, el mecanismo de difusión se sigue manteniendo, pero su efecto queda enmascarado por la mayor velocidad del fenómeno de circulación. El gradiente de presión hidrostático puede originarse por muy diversos motivos y entre ellos, podemos citar:

a) Modificación del nivel de base hidrostático regional por movimientos en la vertical. En el caso de ascender, las aguas se infiltran a mayor profundidad y se origina una circulación lateral hacia el nuevo nivel.

b) Modificación local del contenido en agua por aportes de la que se expulsa de los sedimentos por fenómenos de recristalización. Las aguas tienden a ascender a las zonas superficiales y pueden dar origen a fuentes termales.

c) Modificación del contenido en aguas en la zona de aireación superior, por encima del nivel hidráulico regional. El gradiente será debido a variaciones en μ_{H_2O} y se producirán fenómenos típicos de capilaridad y ósmosis.

d) Movimientos tectónicos o diapíricos de masas rocosas. Las aguas escapan según un movimiento centrífugo para alejarse de la zona de perturbación, dando lugar a una circulación hidrotermal.

e) Acumulación de materiales sedimentarios en medios acuosos. Los procesos propios de la sedimentación, consolidación y diagénesis de estos sedimentos expulsan el agua, que adoptará una circulación centrífuga por las capas superficiales.

Las hipótesis de modo de transporte más importantes que se han postulado para el uranio, son:

- Por acción de haloides volátiles (Brown, 1.958; Wolker, 1.956).
- Fluido rico en CO_2 en fases independientes (Garrels y Richter, 1.955).
- Dos fluidos: uno rico en SH_2 y otro pobre, portador de metales (Ingerson, 1.954).
- Transporte coloidal (Lindgren, 1.928).

- Solubilidad sencilla.
- Complejos covalentes metálicos (Barnes, 1.956; Barton, 1.959).

De estos seis posibles modos de transporte, podemos despreciar los tres primeros, y más teniendo en cuenta que han sido - varios los autores que han demostrado que sus efectos son prácticamente nulos salvo en casos específicos y aislados

El transporte en forma coloidal, aunque en muchas ocasiones aparezca corroborado por las formas coloidales (pchblenda) no - nos parece apropiado para el yacimiento en estudio, por no haberse advertido estructura alguna que permita identificar procesos de este tipo.

El transporte por simple disolución del uranio disperso en los flúidos circulantes parece ser de poca importancia, especialmente cuando el proceso se desarrolla a baja temperatura, tal - como han demostrado autores como Garrels, Krauskopf, Thomson, - Barton, etc.

De este modo, aceptaremos como forma lógica de transporte de uranio la formación de iones complejos. Esta hipótesis, enunciada en forma general por Barrés y seguida por Barton, es apoyada por el hecho de que se conocen complejos solubles de la mayoría de los elementos, cuyas condiciones de solubilidad/precipitación varían mucho con modificaciones relativamente pequeñas en - las condiciones y composición de las soluciones. En general, parece ser que existe poca relación entre la naturaleza de los complejos y los minerales formados a sus expensas, los cuales vendrán regulados por T , P , μ_i y tipo de sistemas de precipitación, y condicionados por un medio precipitante definido por unos determinados rangos de valores de Eh , pH y actividades de las sales en disolución.

Por otra parte, la mayoría de los autores están de acuerdo en que el transporte del uranio se realiza en la forma hexavalente, U^{6+} , mientras que la forma tetravalente, U^{4+} sólo puede lixivarse en medios de características muy restringidas. Como resumen de las posibilidades de movilización del uranio, exponemos el siguiente cuadro, de E. Mingarro.

Forma tetravalente	<div>En medio reductor.</div> <div>Transporte reducido, generalmente por - difusión.</div> <div>Asociación geoquímica con Th, tierras raras y Ti.</div> <div>Formaciones de alta T, generalmente constituidas por uraninita ó filones de torianita, davidita, etc.</div> <div>Yacimientos petrogenéticos.</div>
Forma hexavalente U^{6+}	<div> <div>Complejos catiónicos de uranilo $(UO_2)_2^{2+}$</div> <div> <div>Medio oxidantes, sulfúricos. Precipitación por pH. Transporte medio.</div> <div>Asociación geoquímica con elementos muy solubles, Co, Cu.</div> <div>Formación a T media (200°C)</div> <div>Yacimientos mesotermiales de pchblenda ó uraninita.</div> </div> </div> <div> <div>Complejos aniónicos $(UO_2)(XO_4)_2^{2-}$ $(UO_2)(XO_4)_3^{2-}$</div> <div> <div>Medio oxidante, precipitación - por reducción.</div> <div>Transporte interno.</div> <div>Asociación geoquímica con Cu, V (muy variable).</div> <div>Formaciones de baja T (150°C)</div> <div>Yacimientos epitermales de pchblenda</div> </div> </div>

Dadas las condiciones generales de la zona, nosotros abogamos porque el modo de transporte haya sido el último expuesto, - es decir, el uranio sería movilizado en la forma hexavalente, - constituyendo complejos aniónicos de la forma $(\text{UO}_2)(\text{XO}_4)_2^{2-}$ ó $(\text{UO}_2)(\text{XO}_4)_3^{2-}$

Debemos señalar aquí como posible forma de transporte la importancia de los procesos de asociación del uranio con la materia orgánica, tanto en forma de iones complejos como por fenómenos puramente físicos (como es la sorción), o físico-químicos.

En realidad, en el estudio de la zona de transporte no hemos hecho más que definir un sistema termodinámico del cual forman parte el uranio en forma de soluto. La evolución de este sistema nos proporcionará los minerales de uranio como fases estables, y por tanto será preciso estudiar las condiciones de equilibrio - termodinámico para determinar las posibilidades de modificación del sistema y cuáles son los factores que lo regulan.

SISTEMA DEPOSICION.

La zona de deposición no es más que el final lógico de la zona de movilización pues comienza cuando existe una causa modificadora del equilibrio mantenido durante el transporte, que provoca la precipitación de los solutos.

Obtenidas las ecuaciones termodinámicas de la zona de movi-lización, será la regla de las fases la que nos señalará la posi-bilidad de formación de fases estables.

La deposición del uranio y por tanto su concentración en ang-mallas positivas tiene lugar cuando se modifica cualquiera de las condiciones en que se efectúa el transporte. Fundamentalmente son dos los factores que intervienen en la deposición del uranio y -

por tanto en la formación de minerales uraníferos: los accidentes tectónicos en su más amplio concepto y los agentes de precipitación. Los primeros, aún cuando su acción es indirecta, producen modificaciones en las direcciones y velocidad de los flujos de los flúidos por modificaciones de presión y pueden dar lugar a - zonas de libre circulación como son fracturas abiertas, fallas, - diaclasas, cambios del nivel de base, etc.

Respecto a los llamados agentes de precipitación, cualquier cambio que modifique las condiciones del transporte puede ser considerado como tal. Se suele distinguir:

- a) Físicos, cuya acción principal es la de imponer una red de circulación.
- b) Químicos: La deposición puede realizarse a través de una acción directa como es una reacción química, ó indirecta; por modificación de las condiciones ambientales de Eh, - pH ó desplazamiento del equilibrio por la ley de acción - de masas.
- c) Procesos geoquímicos: Como se ha demostrado reiteradas - veces, la acción de los procesos bioquímicos, en cuanto creadores de condiciones locales reductoras en ambientes oxidantes, es de gran importancia en la precipitación del uranio. Por otra parte, hay que señalar las complejas asociaciones uranoorgánicas, de tanta importancia en algunos yacimientos.
- d) Factores fisicoquímicos: Aún no estudiados de forma definitiva, sólamente tendremos en cuenta el mecanismo de sor ción como proceso fijador del uranio, especialmente produ cido por minerales de arcilla, limonitas, fosforita y apa tito y compuestos organógenos procedentes de lignitos, - ácidos húmicos, asphaltitas, etc.

A la vista de las condiciones generales presentes en la zona,

en la deposición del uranio pueden haber intervenido los fenómenos tectónicos (intrusión del granito, sucesivos esfuerzos orogénicos) y agentes de precipitación físicos (fracturas, diaclasamientos), químicos (por modificación de condiciones ambientales por percolación en aguas meteóricas), y bioquímicos (presencia de materia orgánica como componente esencial en muchas de las muestras estudiadas) y fisicoquímicos (sorción en limonitas, materia orgánica y arcillas).

Con anterioridad hemos visto que los fenómenos de tipo fisico-químico han sido los condicionantes de la formación del yacimiento por fijación del uranio en forma dispersa y uniformemente distribuida por toda la cuenca, y que los fenómenos de tipo tectónico debidos a los grandes plegamientos e intrusiones graníticas, únicamente han servido para propiciar la aparición de los llamados agentes de precipitación físicos (fracturaciones, diaclasamientos, fisuraciones), sin que hayan tenido mayor influencia sobre la formación del actual yacimiento.

Deberemos de este modo prestar atención únicamente a los efectos producidos por fenómenos químicos que provocan modificaciones ambientales, y bioquímicos. Y esto es lo que se ha hecho anteriormente, en la parte titulada ZONA DE ENRIQUECIMIENTO, en la que se presenta el análisis de las condiciones de formación del yacimiento y la importancia de los diversos factores que han podido influir en la deposición y cristalización del uranio para dar forma al yacimiento actual.

Como conclusión final, podemos exponer como hipótesis más probables, las siguientes:

H₅: Los fenómenos de diagénesis y metamorfismo, influencias tectónicas (traducidas en un intenso plegamiento con posterior fracturación y removilización de bloques) y las intrusiones de los batolitos graníticos, fenómenos

todos ellos anteriores a las etapas de penillanurización y recubrimientos plio-cuaternarios, sólomente sirven como coadyuvadores de los fenómenos de removilización del uranio hacia zonas de menores presiones.

H₆: El yacimiento actual es resultado de la yuxtaposición de los fenómenos de penillanurización plio-cuaternaria que producen efectos de tipo químico (cambios de Eh, pH y μ i) por contraste entre la infiltración de aguas supergénicas oxidantes y el ambiente reductor propiciado por la presencia de materia orgánica en los metasedimentos.

VII. CONCLUSIONES

VII.1. CONCLUSIONES ESTADISTICAS GENERALES

Como en el estudio estadístico hemos utilizado dos procedimientos diferentes para el estudio de las dos categorías de datos de que disponemos, cualitativos y cuantitativos, será preciso establecer también dos tipos diferentes de conclusiones. Por otra parte, deberemos separar el análisis geomorfológico del resto de conclusiones, en cuanto que este estudio constituye un modo de tratamiento completamente diferente de los demás aun cuando los resultados con él obtenidos constituyen una excelente guía de prospección y sean indicadores de factores que han podido intervenir en la génesis del yacimiento en estudio.

Debido a esto, estableceremos tres categorías de conclusiones:

A) Conclusiones obtenidas a partir de los datos del estudio geomorfológico:

Con él obtenemos la localización de las zonas más favorables para la prospección e investigación de masas mineralizadas, pues se ha **deducido** que éstas deben situarse en la intersección del nivel "penillanura fósil" con la superficie estadísticamente correspondiente al que hemos llamado "ciclo II".

Por otra parte, esta característica nos señala que el yacimiento tiene un control geomorfológico y que por tanto los ciclos erosivos y los recubrimientos han debido ser factores condicionantes de la mineralización.

B) Conclusiones obtenidas a partir del estudio estadístico de datos no cuantitativos.

Las restricciones que impone el desconocimiento de las características que se tratan de localizar condicionan una menor cantidad de información respecto al atributo que se intenta investigar; sin embargo, esto no es obstáculo para que se obtengan conclusiones útiles y extrapolables a otras zonas. Así, tenemos:

1) El método utilizado en la cuantificación de los picos de los difractogramas de rayos X ha sido contrastado como válido y nos ha permitido apreciar en el Universo Muestral nueve agrupaciones diferentes que responden a litologías distintas.

2) Con el estudio de las composiciones mineralógicas de las rocas de caja en preparaciones de lámina delgada con microscopio polarizante, se ha alcanzado la diferenciación de hasta 16 agrupaciones muestrales. Hemos llegado a determinar que las paragénesis más frecuentes son las constituidas por las micas y sus minerales de alteración y la estrecha relación existente entre la andalucita-quiaistolita y la materia organógena, así como la incompatibilidad entre ésta y el cuarzo, cuando uno cualquiera de ellos aparece como componente principal.

La discrepancia observada en el número de agrupaciones muestrales obtenidas por cada uno de los dos métodos hasta ahora expuestos es más aparente que real, en cuanto que a través de los difractogramas estudiamos únicamente minerales que por tener una buena cristalización aparecen reflejados en aquéllos con los picos correspondientes, mientras que, en el estudio de las láminas delgadas hemos prestado atención, además de a todos los anteriores, a aquéllos que por encontrarse en forma amorfa o coloformes (materia organógena, arcillas, óxidos de hierro, etc.), no tienen representatividad en los difractogramas.

C) Conclusiones obtenidas a partir del estudio estadístico de los datos cuantitativos.

Dentro de este apartado presentaremos los resultados obtenidos en el estudio de datos aparentemente tan dispares como el contenido en elementos químicos, color, ambiente físico-químico, etc., cuyo conjunto es el que nos servirá para determinar las condiciones que configuran la existencia del atributo específico que tratamos de delimitar. También es a través de este estudio como vamos a obtener una función de probabilidad de asociación entre parámetros que nos señale las condiciones que regulan la existencia de aquel atributo, así como las que han podido influir de algún modo a lo largo de su historia.

El primer paso es, como ya indicábamos en el apartado correspondiente, el análisis de los datos en cuanto a su ajuste a la llamada distribución normal y la búsqueda de la función o funciones que aplicadas a los datos originales los transforman de tal manera que se alcanza el máximo ajuste. Así se ha reafirmado la heterogeneidad del Universo Muestral, ya puesto de manifiesto anteriormente, y se ha observado que las funciones con las que se obtiene una mayor probabilidad de ajuste son la logarítmica $y=\log(x)$, cuadrática, $y=\sqrt{x}$, y en algunos casos la trigonométrica $y=\arcsin(x)$, hecho que coincide plenamente con lo expuesto por diferentes autores que se han ocupado de temas semejantes.

Mediante el estudio de todos los datos cuantitativos, hemos llegado en definitiva a estas conclusiones:

1) Existe una diferenciación del Universo Muestral en agrupaciones diferentes que podemos considerar fijadas en número de ocho, para con los datos cuantométricos y de coordenadas de color, y de siete más las independientes para datos semicuantitativos, resultado que no es muy dispar respecto del obtenido con los datos no cuantitativos.

2) Se han determinado una serie de parámetros que se consideran significativos en cuanto a la definición de las agrupaciones muestrales, que permiten desechar (o no analizar) en adelante a todos los demás. Estos parámetros son, para los datos de cuantómetro, CaO , MgO , MnO , Al_2O_3 y Fe_2O_3 , y para datos semicuantitativos, Na, Mg, Mn, K, Cr y Li, en orden decreciente de importancia.

3) Se ha alcanzado la posibilidad de localizar el espacio metalogénico del Universo Muestral en una representación tetraédrica en el caso de considerar datos sin transformar, o un espacio cartesiano bidimensional si se acepta que los datos adquieren mayor representatividad al efectuarse una transformación logarítmica.

4) Del estudio de interdependencias paramétricas deducimos que el uranio presenta un comportamiento, en cuanto a su tenor, prácticamente independiente del resto de los parámetros por lo que deberemos de buscar un condicionante de su existencia ajeno a los hasta aquí analizados.

5) Tanto de la comparación entre agrupaciones muestrales como de las relaciones interparamétricas se alcanza la conclusión de que pueden distinguirse tres grandes agrupaciones muestrales: una con elevado contenido en uranio, otra que podemos considerar como no mineralizada, y una tercera, intermedia entre las dos anteriores, en la que el proceso de fijación ha sido diferente al que ha provocado el enriquecimiento del grupo primero.

Ha sido el análisis efectuado con los parámetros físico-químicos el que ha proporcionado una mayor información sobre las condiciones del origen, formación y evolución del yacimiento y su estudio ha venido condicionado por la escasa información que respecto de estos hechos se habían obtenido con los análisis efectuados anteriormente.

Con estos parámetros físico-químicos hemos obtenido cinco agrupaciones diferentes y bien definidas, de las cuales cuatro corresponden a un ambiente oxidante, mientras que la quinta es propia de un ambiente netamente reductor.

La interrelación paramétrica nos señala que el uranio se correlaciona con el Eh con suficiente bondad a la familia de ambiente reductor, mientras que en las demás se asocia, con un menor coeficiente, con pH y en menor grado con Eh. Esto induce a pensar en una inicial fijación del uranio en un medio reductor, en nuestro caso provocado por la presencia de materia organógena y sulfuros primarios, y una posterior etapa de oxidación, para que de este modo se ajuste la evolución del yacimiento a la que consideramos general para toda la zona.

Al correlacionar Eh con pH observamos que la familia de ambiente reductor responde en la recta de regresión a una forma que se ajusta a la ecuación teórica de Nernst para soluciones diluidas, mientras que para el resto de agrupaciones no sucede así, sino que antes bien al contrario, la recta obtenida nos permite suponer que las soluciones circulantes, en el sistema metalogénico son concentradas. Siendo esto así, podemos asegurar que el parámetro condicionante de la precipitación del uranio en las condiciones de ambiente oxidante ha sido el parámetro μ_i , provocándose la precipitación al sobrepasarse el producto de solubilidad de las soluciones.

De las comparaciones entre las familias determinadas con estos parámetros, deducimos una posible secuencia del proceso de lixiviación-transporte-sedimentación del uranio, que permite, tal como se señala más adelante, una localización espacial siquiera aproximada, de las agrupaciones muestrales.

VII.2. HIPOTESIS GENETICAS

El amplio apartado presentado en VI.8. en el que se analizan las posibles influencias de los fenómenos que han podido actuar a lo largo de la historia en los materiales presentes en la cuenca y las hipótesis genéticas de los yacimientos de la Hoya del Lobo, podemos resumirlos en un esquema que abarca las siguientes etapas:

1) Sedimentación de materiales: Los constituyentes de los metasedimentos se depositaron en una cuenca parálisis, en la que la abundante materia orgánica en descomposición da lugar a un ambiente reductor. El uranio es aportado a las aguas marinas por corrientes superficiales, procedente de erosión y lixiviación de otras rocas preexistentes y queda fijado en los sedimentos tanto por efectos físicos y fisicoquímicos (sorción), como por formación de quelatos y complejos urano-orgánicos.

2) Fenómenos diagenéticos: La progresiva colmatación de la cuenca produce un campo de gradientes de presiones litostáticas entre las capas más profundas y las que sucesivamente se van depositando. Estos gradientes son origen de los fenómenos típicos de la diagénesis tales como recristalizaciones, compactaciones, cementaciones, segregaciones, formación de minerales autigénicos, etc, debidos en su mayor parte a la existencia de flujos que facilitan la emigración iónica, vehiculados por disolución en el agua expulsada de los sedimentos, o simplemente por fenómenos de difusión iónica.

El uranio en esta etapa sufrirá un transporte esencialmente por difusión, con alcance de milímetros, por modificaciones en el $\overline{\text{grad U}^{4+}}$. Se constituirá de esta forma lo que podemos denominar mineralización primera, M1, constituida por agrupaciones atómicas estables acumuladas a partir de gérmenes intersticiales iniciales.

3) Fase del metamorfismo regional y acción de las orogenias primeras, intrusiones graníticas y tectónica hercínica: La acción de todo este conjunto de fenómenos parece que ha quedado reducida en sus efectos, respecto de la mineralización uranífera, a una acentuación de las causas de formación de un yacimiento de tipo disperso análogo al que hemos llamado M1.

El origen de los flujos en este caso será $\overline{\text{grad H}_2\text{O}}$, pues las máximas modificaciones con respecto a las posibles movilizaciones de uranio vendrán dadas por variaciones en la presión hidrostática.

El transporte del uranio se efectuará por infiltración de aguas en forma de iones complejos covalentes o en formas coloidales, y será posible la emigración a grandes distancias. La destrucción del sistema transporte dará origen a minerales de uranio del tipo uraninita-pechblenda, coffinita y otros en los que el uranio adopte la forma tetravalente, por situarse en el ambiente reductor de los metasedimentos organógenos.

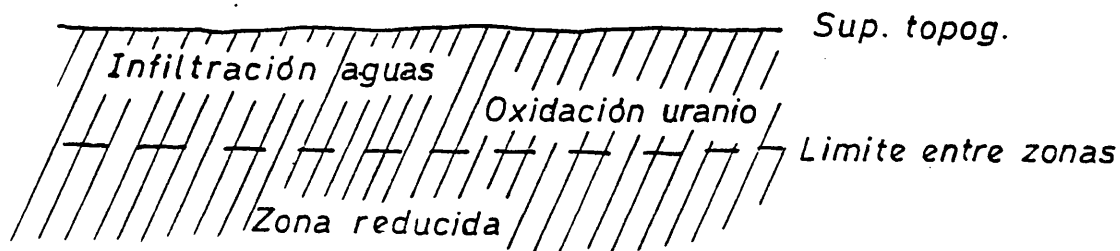
Estas mineralizaciones continuarán siendo del tipo M1, semejante al originado anteriormente por los procesos diagenéticos, excepto en el caso, muy improbable tal como hemos indicado en el apartado VI.8. de que haya aportes por emanaciones a partir de los plutones sinorogénicos o concentraciones por gradientes de temperatura en los contactos metasedimentos-granitos subsecuentes.

4) Etapa epigenética y arrasamiento pliocuaternario: Es - aquí donde se forma el que llamaremos pre-yacimiento o minerali- zación M2. Durante esta etapa es fundamental el papel que adop- ta la materia orgánica con fijador el uranio transportado por circulación de aguas en los flujos creados por $\overline{\text{grad } P_H}$ en for- mas de iones complejos. A esta etapa corresponden también la - formación de otros tipos de mineralizaciones tales como pirita, calcopirita, melnicovita, etc, y el uranio se situará en forma de uraninita-pechblenda diseminada, con leyes máximas compren- didas entre 50 y 200 p.p.m.; es la forma predecesora del yaci- miento actual.

5) Etapa de enriquecimiento supergénico: El uranio conteni- do en la mineralización M2 pasa a constituir el yacimiento ac- tual, M3, por un proceso de infiltración de aguas supergénicas que inicialmente lixivian el uranio para reprecipitar después por acción de procesos físico-químicos en las zonas de contac- to entre el ambiente oxidante propio de las capas superiores - y el ambiente reductor proporcionado por la materia orgánica en las pizarras no meteorizadas.

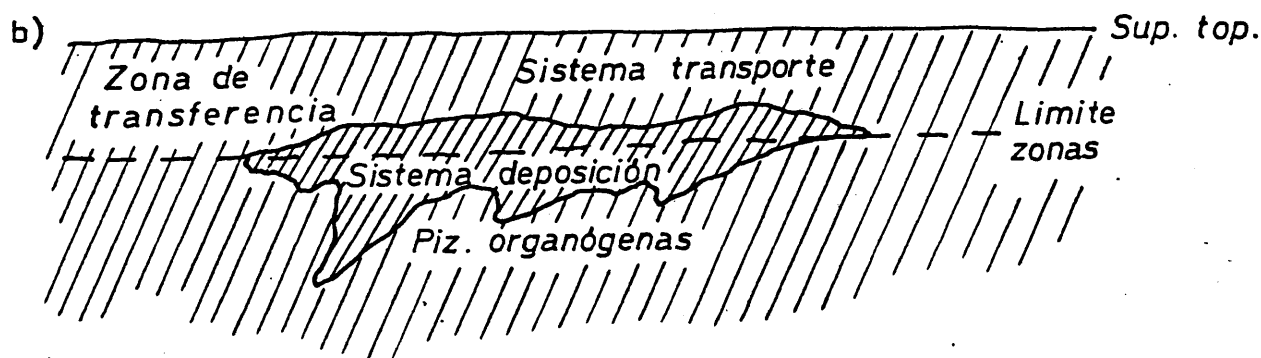
Para exponer de forma clara el proceso presentaremos los sucesivos pasos mediante esquemas gráficos:

a)

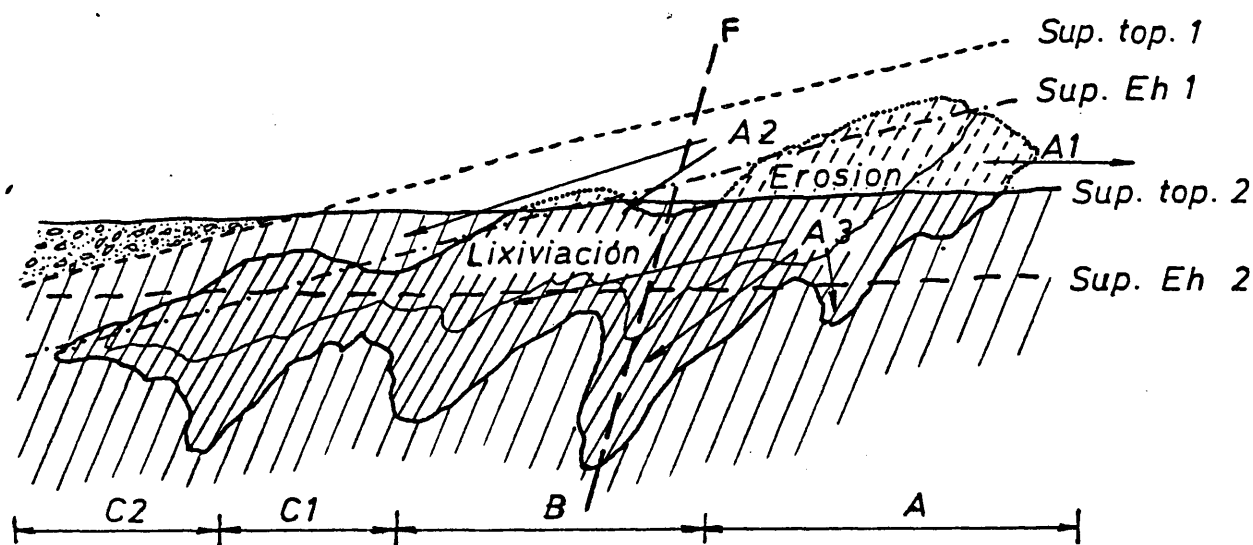


El proceso de penillanurización propiciará la formación de una zona superficial, dominio de aguas supergénicas fuertemente oxidantes, en las que el uranio constituyente de la mineralización tipo M2 será oxidada a formas hexavalentes de más fácil removilización.

Bajo esta zona superficial se situará el dominio de meta-sedimentos sin alterar, con gran poder reductor gracias a su elevado contenido en materia organógena.



Las zonas superiores se constituyen en zona de transferencia, en la que el uranio U^{4+} pasa a U^{6+} y es fácilmente removido por el sistema transporte. El proceso de lixiviación alcanza una profundidad variable, nunca demasiado grande, que comprende fundamentalmente a las pizarras más meteorizadas por acción de los agentes externos. El uranio lixiviado precipitará al alcanzar la superficie de separación zona oxidada-zona reductora, fundamentalmente en las pizarras carbonosas de alto contenido en materia orgánica. Serán minerales del tipo pechblenda y coffinita en formas microcristalinas, alojadas en la red fisural de cualquier origen (de sedimentación, tectónico, de esquistosidad).



El proceso de penillanurización se ve complicado por un basculamiento en cierto modo semejante al esquematizado en la figura, a la vez que se produce una diferenciación en bloques por fracturación y movimientos en la vertical que procuran un irregular recubrimiento de las zonas por los derrubios constituyentes de las rañas.

Este basculamiento da lugar a la posibilidad de distinguir las siguientes zonas:

Zona A: Se produce en ella una erosión del yacimiento alojado en los estratos organógenos, de tal forma que desaparece en todo o en parte, hasta que se alcanza la superficie topográfica 2 que correspondería a la actual.

El uranio contenido en esta zona es arrastrado en forma iónica por las aguas superficiales, pudiéndose distinguir tres posibilidades:

A 1: El uranio es completamente lixiviado y desaparece de la zona por acción de las aguas superficiales que los transportan por las vías de la red hidrográfica implantada.

A 2: Una parte del uranio reprecipita, mineralizando las zonas más superficiales. En este caso, el factor condicionante no es el Eh, sino el pH y las concentraciones de los solutos, por lo que pueden aparecer mineralizados indistintamente estratos con o sin materia orgánogena.

A 3: Finalmente, una parte del uranio puede percolar tanto lateral como verticalmente, enriqueciendo capas más profundas y precipitando por influencias de los fenómenos de oxidación-reducción antes explicados, acompañado en su traslación a la superficie de separación zona oxidada-zona reductora.

Zona B: El yacimiento, inicialmente situado en ambiente reductor (pizarras carbonosas) se ve sometido a cambios por progresiva profundización de la superficie de separación entre las zonas oxidada y reductora, de tal modo que el uranio situado en nuevas condiciones pasa a ser inestable. Parte de él sufre un proceso de oxidación y puede ser lixiviado desapareciendo por circulación, parte penetra acompañando en su desplazamiento a la superficie oxidación-reducción, y parte emigra hasta las que hemos llamado zonas C.

Zona C: Al contrario de lo que ocurre en las zonas anteriores, aquí las mineralizaciones formadas sufren un proceso de enterramiento, y podemos distinguir dos tipos de fenómenos diferentes:

C1: Corresponde a una zona en la que los estratos carecen de materia orgánogena, o existe en pequeña cantidad. En principio, estos estratos no estarían mineralizados o lo serían en muy

pequeña proporción por efectos de difusión iónica; sin embargo, los aportes recibidos por infiltración de aguas supergénicas lixiviantes de las zonas A y B pasan a constituir mineralizaciones. Sería pues una zona con pizarras no organógenas, areniscas, etc, mineralizadas por contaminación de aguas circulantes portadoras de UO_2^{++} procedentes del arrasamiento ó paso a situación metaestable de mineralizaciones preexistentes. El factor condicionante de la precipitación sería $\Sigma\mu_i$ precipitando el uranio cuando las soluciones alcanzaran una concentración tal que se llegara a sobrepasar el producto de solubilidad.

C2: Con esta denominación representamos las mineralizaciones - constituidas previamente en las pizarras carbonosas por procesos ya indicados en la etapa de enriquecimiento supergénico - y a los que los fenómenos del basculamiento únicamente procuran un mayor enterramiento y una mayor estabilidad por elevación - de la superficie de separación de oxidación-reducción.

Las mineralizaciones producidas en el apartado 5 y las - correspondientes a las zonas B y C del apartado c) se situarán en los espacios intersticiales y microfisurales, con formación en algunas zonas de un yacimiento de tipo microstockwork.

El esquema hasta aquí presentado podríamos similarlo a - las formas presentes en el yacimiento, de tal modo que la zona A se corresponde con la denominada Mesa de Poyatos y parte de la Cantera del Lobo. La zona B se sitúa entre Cantera del Lobo y María Lozano de Vargas, y la zona C comprende esta última y las labores del Pedregal.

6) Alteración meteórica: El recubrimiento de rañas fosilizó durante un largo período de tiempo los yacimientos preservándoles su total desaparición, cosa que no ha sucedido con las prolongaciones hacia zonas más orientales de Mesa de Poyatos donde el yacimiento ha sido completamente erosionado. Sin embargo, la gran permeabilidad de las formaciones superficiales han permitido la percolación y circulación de aguas, al igual que la gran tectonización de la zona, origen de diaclasas y fracturas, también favorece la penetración de aguas meteóricas.

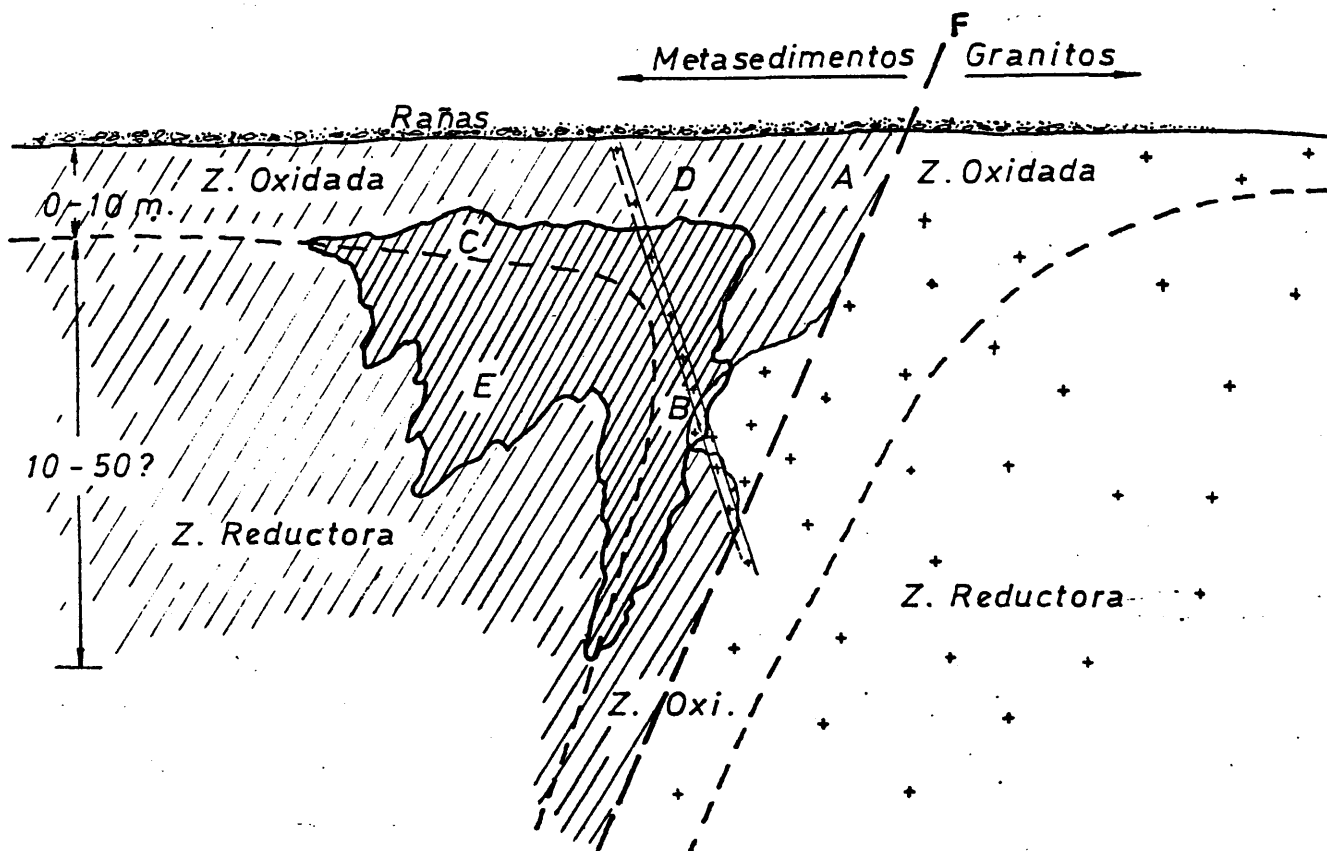
Esto ha dado origen a que, tal como hemos dicho, el uranio depositado inicialmente en las formas reducidas como U^{4+} haya sido oxidado a formas U^{6+} y lixiviado en parte, reprecipitando posteriormente en forma fundamentalmente de óxidos, óxidos hidratados (gummitas, carnotita) y fosfatos (torbenita, autunita, bassetita, fosfuranilita, sabugalita y saleita), los cuáles podrán constituir agrupaciones de cristales macroscópicos por alojarse en la red fisural abierta y disponer por tanto de suficiente espacio.

El esquema de las zonas de predominio de un tipo u otro de minerales es el representado en la figura de la página siguiente.

Esta distribución mineralógica apreciada en todas las labores de investigación del yacimiento es la que denominamos mineralización M4 y su correspondencia con las agrupaciones muestrales deducidas en el capítulo V.7., y de las relaciones allí establecidas, viene representada en el esquema, de tal modo que:

La agrupación A es la más oxidada, con pH muy bajo, muy lixiviada, y conteniendo poco uranio.

La agrupación B, de máximo contenido en uranio, está también muy oxidada, con un pH ligeramente inferior al medio



(3.81) del conjunto muestral. Su situación será próxima a fallas, fracturas, diaclasas, en suma, en zonas con gran circulación de aguas pero a donde llegan soluciones enriquecidas en U que precipitan al sobrepasarse el producto de solubilidad.

Las agrupaciones C y D, con características semejantes de Eh y pH, solo se diferencian en el contenido en uranio. Podemos suponer que se trata de zonas que inicialmente no fueron minera

lizadas, pero que por procesos posteriores han podido precipitar minerales de uranio (agrupación C), o bien no se precipitó o fué lixiviado posteriormente (como D), tal como ocurre con la agrupación A.

Por último, la agrupación E corresponde a la zona de mineralización primaria, con pH muy bajos y Eh negativos, con contenidos en U próximos a la media, y que correspondería a las formas de uranio fijada inicialmente en las pizarras organógenas.

Como resumen de todo el proceso, podemos representar el esquema evolutivo en un cuadro tal como el siguiente:

ETAPAS	N DEL FLUJO Y VEHICULACION	DE MINERALIZ.	FORMA D FIJACION	TIPO DE MINERALIZ.	MIN A PRESENTES
M APORTE MARINO	SOLUBILIDAD SIMPLE	DISPERSA	SORCION Y COMPLE. URANO- ORGANICOS	GERMENES INTERSTICIALES	URANINITA DISPERSA
M1 DIAGENESIS METAMORFISMO	DIFUSION <u>grad</u> U^{4+}	DISPERSA	COMPLEJOS	INTERSTICIAL	URANINITA COFFINITA
M2 EPIGENESIS ARRASAMIENTO	INFILTRACION <u>grad</u> H_2O	DISEMINADA	FIJACION POR MAT. ORG. CAMBIOS Eh	PRECIPIT. IONES COMPL. Y COLOIDES	PECHBLENDA COFFINITA
M3 BASCULAMIENTO Y ENRIQUECIMIENTO SUPERGENICOS	INFILTRACION CIRCULACION CAPILARIDAD OSMOSIS	ENRIQUECIMIENTO	FIJACION POR CAMBIOS Eh y pH	PRECIPIT. COLOIDES	PCHBLENDA COFFINITA OXIDOS
M4 ALTERACION	INFILTRACION CIRCULACION	LIXIVIACION ALTERACION	LIXIVIACION Y ALTERACION	OXIDA. Y FOSFATIZA. CPMLE. COVALENTES	PCHBLENDA COFFINITA OXIDOS HIDRATADOS FOSFATOS YAC. SECUNDARIO

VIII. BIBLIOGRAFIA

VIII. BIBLIOGRAFIA

ALIA MEDINA, M.: Rasgos estructurales de la Baja Extremadura.
Bol. S.E.H. N., núm. 61 (1.963).

ANDREIEV, P.F. & CHUMACHENKO, A.P.: Reduction of uranium by natural organic substances.
Geochemistry international. núm. 1, pp.3-7 (1.964).

ARRIBAS, A.: Mineralogía de los yacimientos españoles de uranio
XXI Int. Geol. Con. Part. XV, pp 98-108 (1.960).

BAING, G.W.: Geology of fissionable material.
Econ. Geol. V. 45 (1.950).

BELOUSSOV, V.V.: Types of folding and their origin.
Int. Geol. Rev., Vol I, núm. 2, pp 1-21, 1 (1.959).

BONHAM-CARTER, G.F.: Information on computer programs for recognition, analysis and display of correlations in multivariate data.
Dept. Geol., Univ. Toronto, 26 p. (1.966).

BOUYX, E.: Contribution á l'étude des Formations ante-Ordoviciennes de la Meseta Meridionale. (C. Real et Badajoz).
Mem. I.G.M.E, T.73, p. 1.261 (1.970).

CAPOTE, R., GUTIERREZ ELORZA, M. y VEGAS R.: Observaciones sobre la tectónica de las series precámbricas paleozóicas del E. de la Provincia de Cáceres.
Bol. Ge. y M., T. LXXXII. (1.971).

CRAMER, H.: Métodos matemáticos en Estadística.
Ed. Aguilar. Madrid. (1.968).

CRONICA DEL MORO RASIS.: Sobre Almadén. 1239.
Mem. R. Academia Historia (1.852). t. VIII. MADRID.

CULLING, W.E.H.: Analytical theory of erosion.
The Journal of. Geol., v. 68. (1.960).

CHEETAM, A.H. & HAZEL, J.E.: Binary (presence-absence) similarity coefficients.
Jour. Pal, v.43. núm. 5, pp. 1130-1136. (1.969).

DAVIES, J.C. & SAMPSON, R.J.: FORTRAN II program for multivariate discriminant analysis using an IBM 1620 computer.
Kausas Geol. Surv. Com. Control. 4, 8 p. (1.966).

DAVIDSON, D.F.: Rejuvenation of pitchblende in Hercinian ore - Deposits.
Econ. Geol., v.55. pp. 383-386. (1.960).

DIXON, W.J. & MASSEY, F.J.: Introducción al análisis estadístico.
Ed. Del Castillo. MADRID. (1.969).

EISENHART, C.: A test of significance of Lithological Variations.
Jour. Sed. Petr., nº 5, p. 137-145. (1.935).

GODINHO, M.M.: Sobre a possibilidade de aplicação de analysis -
grupala a classificação regional das rochas graníticas.
I. Congr. H.L.A. de G. Econ., Secc.8, pp.157-163. (1.971).

GONCALVES, S. y TEIXEIRA, J.V.: Jacigo de urânio de Nisa. Aspectos geológicos da sua descoberta e valorização.
I. Congr. H.L.A. de G. Econ., Secc.4, t. II, pp.663-684.
(1.971).

GONZALO y TARIN, J.: Reseña física y geológica de la provincia de Badajoz.
Bol. Com. Mapa Geol. T, VI, pp. 389-412. MADRID (1.879).

GRIFFITHS, J.C.: Scientific method in analysis of Sediments.
Mc Graw Hill Book Co. N.Y. (1.967).

GRUNER, J.W.: Concentration of Uranium by multiple migration -
accretion.
Econ. Geol., v.51. pp. 445-520. (1.956).

GUENTER, W.C.: Introducción a la Inferencia Estadística.
Ed. Del Castillo. MADRID (1.968).

GUTIERREZ ELORZA, M. y VEGAS, R.: Consideraciones sobre la estratigrafía y tectónica del E. de la Provincia de Cáceres.
Est. Geol, vol. XXVII. Inst. Lucas Mallada, C.S.I.C. -
MADRID. (1.971).

HARBAUGH, J.W. & BONHAM-CARTER, G.: Computer simulation in Geology
John Wiley & Sons, Inc., New York. Londres (1.970).

HARBAUGH, J.W. & MERRIAM, D.F.: Computer Applications in Stratigraphic Analysis.
John Wiley & Sons, Inc. New York, 282 p. Londres, (1.968).

HAZEL, J.E.: Binary coefficients and Clustering in Biostratigraphy.
Geol. Soc. Amer. Bull., v.81, p. 3237-3252. (1.970).

HEINRICH, E.W.: Mineralogy and Geology of Radioactive Raw Materials.
Mc Graw Hill Book Co., Inc. 653 p. New York. Toronto. Londres. (1.958).

HELGESON, H.C.: Complexing and Hydrothermal Ore deposition.
Pergamon Press. Oxford, London, New York, Paris (1.964).

HERMAN, P. & HUBAUX, A.: Mechanical handling of geochemical data.
Geochemica et Cosmoch. Acta. v.26, pp.131-143. (1.962).

HERNANDEZ PACHECO, E.: Nota descriptiva del yacimiento de mineral radioactivo en el granito de Albalá. (Cáceres).
Bol. Soc. Esp. Hist. Nat., T.VIII (1.908).

HERNANDEZ PACHECO, E.: Fisiografía del Guadiana.
Rev. Del Centro de Est. Extremeños. Badajoz.

HERNANDEZ PACHECO, F.: Bosquejo preliminar de las comarcas geográficas de Extremadura. (Cáceres, Badajoz y Huelva).
Pub. Inst. Ref. Agraria. MADRID (1.933).

HERNANDEZ PACHECO, F.: El segmento medio de las Sierras Centrales de Extremadura.

Las Ciencias, año IV. núm. 2 (1.934).

HERNANDEZ PACHECO, F.: Síntesis fisiográfica y geológica de - España. El sistema Cambriano.

Mem. I.G.M.E. t.I, pp. 291-525. (1.934).

HERNANDEZ PACHECO, F.: Las cuencas terciarias de las Extremadura Central.

Bo. R.Soc. E. Hist. Nat. (1.945).

HERNANDEZ PACHECO, F.: Ensayo de la morfogénesis de la Extremadura Central.

N y C. del I.G.M.E. núm. 17. (1.947).

HERNANDEZ PACHECO, F.: Las rañas de las Sierras Centrales de - Extremadura.

C.R. XVI, Cong. Inst. de G. de Lisboa (1.949).

HERNANDEZ PACHECO, F.: El relieve de las zonas hercínicas Peninsulares de la Extremadura Central.

Libro Jubilar, t.1, I.G.M.E. (1.950).

HERNANDEZ PACHECO, F.: Edad de las formaciones con facies estratocristalinas en la provincia de Badajoz.

N y C. del I.G.M.E. núm. 31 (1.953).

HERNANDEZ PACHECO, F.: Ensayo sobre tectónica paleozóica en - Extremadura.

Bol. de la R. Soc. de H. Nat., t. homenaje al prof. Hernandez Pacheco, E. MADRID. (1.953).

HERNANDEZ PACHECO, F.: Datos geotectónicos de la Extremadura - Central.

N y C. del I.G.M.E. núm. 50. (1.958).

HERNANDEZ PACHECO, F. y RAMIREZ RAMIREZ, E.: Estructura tectónica y estratigráfica de la sierra silúrica de Magacela - (Badajoz).

Est. Geol., núm. 29 y 30. t. XI. MADRID. (1.956).

HERRANZ ARAUJO, P.: Nota preliminar sobre el estudio geológico de las Sierras paleozóicas entre Oliva de Mérida y Hornachos (Badajoz).

Sem. de Est., nº 6. Dep. de Est. Inst. de G. Econ. C.S.I.C. MADRID. (1.970).

IMBRIE, J. and PURDY, E.G.: Classification of modern alhamiau - carbonate sediments.

Classification of carbonate rocks: Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 1, p.253-272 (1.962).

KATAYAMA, N.: Génesis of the Uranium Deposits in Sedimentary Rocks.

XXI Int. Geol. Con., Part. XV. Genetic problems of Uranium and Thorium Deposits, pp. 7-13. (1.960).

KENDALL, M.G.: Advanced Theory Statistics". Vol I.

Griffin. London (1.948).

KOCH, G.S. & LINK, F.R.: Statistical Analysis in Geological Data. John Wiley & Sons, Inc., New York, London (1.970-1.971).

KOCH, G.S. Jr., LINK, R.F.: The coefficient of Variation - A guide to. The Sampling of Ore Deposits.

Econ. Geol. V.66, pp. 293-301 (1.971).

KRUMBEIN, W.C. & GRAYBILL, F.A.: An introduction to Statistical models in Geology.

Mc Graw Hill Book. Co., New York. 475 p. (1.965).

KUSHNAREV, I.P., LUKIN, L. I., SONYUSHKIN, E.P, KHOROSHILOV, L.V.: General Laws Governing the localization of Uranium Mineralization and the basic Types of Structures of hydrothermal Uranium Deposits.

Proceeding Genova Conferences. Vol. II. pp. 315-324. (1.958).

LINK, R.F. & KOCH, G.S. Jr.: Linear discriminant analysis of - multivariate essay and other mineral data.

U.S. Bur. Mines. Rept. Inv. 6898, 25 p. (1.967).

LUJAN, F. de: Estudios y observaciones sobre las provincias de Badajoz, Sevilla, Toledo y Ciudad Real.

Real Academia de C. de M. Vol. I. Part. I y II. Instr. y O.P. (1.850).

MAC CAUGHEY.: Essay in Geomorphology.

G.H. Dury. New York. American Elsevier. (1.966)

MALLADA, M.: Explicación del Mapa Geológico de España. Tomo II: Sistemas Cambriano y Siluriano. Tomo III: Sistemas devónico y Carbonífero.

Mem. de la Com. del M.G. de E. (1.896-98).

MARTIN, J.: Fixation et transport de l'uranium par les substances humiques.

Tesis doctoral. Rapport CEA. núm. 2-141. Centre d'etudes - nucleaires de Fontenay aux Roses. (1.962).

MARTIN CALVO, M.: Influencia de la materia orgánica fósil en la metalogenia del Uranio.

I. Cong. H. L.A. de G. Econ. Secc.8. t.I., pp.223-234.
(1.971).

MARTIN CALVO, M.: Notas sobre la mineralogía del uranio y sus yacimientos.

Publicaciones de la J.E.N. Sec. Mineralogía. MADRID (1.975).

MARTIN CALVO, M.: Sobre la Petrogénesis de algunas litofacies - españolas con fases uranio-orgánicas.

Tesis Doctoral. Univ. de Madrid. Fac. Ciencias (1.976).

MATHERON, G.: Les variables Regionalisées et leur estimation.
Masson et Cie. París. (1.965).

MATHERON, G.: Traite de geostatistique appliquée I.
Bur. de Rech. Geol. et Mines. Mem. No.14, 33 p. (1.962).

MATHERON, G.: Traite de geostatistique appliquée. t. II.
Bur. de Rech. Geol. et Mines. Mem. No. 24, 171 p. (1.963).

MATHERON, G.: Cours de Geostatistique, 2.
Les cahiers de Centre de Morph. Mat. de Fontainebleau, (1969)

Mc Cammon, R.B.: The dendrograph: a new tool for Correlation.
Geol. Soc. Am. Bull. V.79, pp. 1.663-1.670. (1.969).

Mc CAMMON, R.B. & WENINGER, G.: The dendrograph.
Kansas Geol. Surv. Co. Constr. 48. (1.970).

MILLER, R.J. & KAHN, J.S.: Statistical Analysis in the Geological Sciences.
John Wiley & Sons, Inc. New York.London (1.962).

MINGARRO, E.: Consideraciones sobre la génesis de los yacimientos uraníferos. I.

N y C. del I.G.M.E. núm. 73. pp. 171-199. (1.964).

MINGARRO, E.: Consideraciones sobre la génesis de los yacimientos uraníferos. II.

Inst. Inv. Geol. de la Dip. Prov. BARCELONA. (1.967).

MINGARRO, E. y MARIN C.: Los yacimientos uraníferos en las pizarras paleozóicas de Ciudad Rodrigo. Sobre la posible existencia de nuevas mineralizaciones.

Informe J.E.N. 207-SIG/I6.

MINGARRO, E., PASCUAL, J.R., RECREO, F., SOLA, R., ZAMARRA, F.A.: Análisis de la formación uranífera "Los Hontanares".

J.E.N. Instituto de E. Nucleares. Dir. Geol y Min. MADRID. (1.973).

MINGARRO, E. y otros.: Técnica de prospección de yacimientos - basada en funciones metalogénicas. Vol. I y II.

Trabajo realizado con una ayuda a la Investigación del - Patronato de la Fundación Juan March. MADRID. (1.974).

NININGER, R.D., EVERHART, D.L., ADLER, H.H., KRATCHEMAN, J.: - The genesis of uranium deposits.

XXI. Int. Geol. Part. XV. p. 40. (1.960).

PAGE, J.R.: The source uranium in Ore Deposits.

XXI. Inst. Geol. Cong. Part. XV. p. 149. (1.960).

PARKS, J.M.: Cluster Analysis applied to multivariate Geological problems.

Jour Geol. V. 74, núm. 5. Part. 2, pp. 703-715 (1.966).

PARREIRA CORTEZA, J. y GARCIA PEREIRA, H., OLIVERIRA MUGE, F.:
Tratamientos geoestadísticos de parámetros mineiros.
I. Cong. H. L.A. de G. Econ. Secc.8. pp. 133-154. (1.971).

RAFALSKY, R.P.: Uranium transport by hidrothermal solutions.
Proceding Genova Conf., Vol. II. (1.958).

RAMIREZ, E.: Memoria explicativa de la hoja 805 del Mapa Geológico de España, E: 1:50.000 CASTUERA. (1.971).
Inst. G.M.E. MADRID.

RAMIREZ, E.: El yacimiento de Los Ratones. Albalá. (Cáceres).
N y C. del I.G.M.E., nº 99-100. p.43-90. (1.967).

RAMIREZ, E.: Algunos problemas de la Investigación geológico-minera de yacimientos.
I. Cong. H.L.A. de G. Económica. Secc.4, t.I. pp.303-316.
(1.971).

ROSO DE LUNA, I., HERNANDEZ PACHECO, F.: Explicación de la hoja
núm 778. Don Benito.
Mapa Geol. de E., I.G.M.E. (1.951)..

ROSO DE LUNA, I. y HERNANDEZ PACHECO, F.: Explicación a la hoja
núm. 779. Villanueva de la Serena.
I.G.M.E. (1.956).

ROUTHIER, P.: Les gisements metallifères. Geologie et principes
de recherches.
Masson et Cie. 2 Vol. PARIS. (1.963).

SAMPELAYO, P.H.: El sistema Siluriano.
Mem. I.G.M.E. t. XLV. Fasc. 1 y 2. (1.942).

SANTOMA JUNCADELLA, J.: Ambientes fisicoquímicos de formación de los minerales de Uranio.

I. Cong. H.L.A. de G. Econ. Secc. 4. t. I. pp. 341-358. (1.971).

SCHEIDEGGER, A.E.: Theoretical Geomorphology.

Springer. Verlag. Berlin. New York. (1.970).

SMITH, F.G.: Geological data processing.

Harper and Row, 284 p. New York. (1.966).

SOKAL, R.R.: Statistical methods in systematics.

Biological Reviews. V.40. p.337-391 (1.965).

SOKAL, R.R.: Numerical taxonomy.

Scient. Amer. V. 215, nº 6, p.106-116 (1.966).

SOKAL, R.R. & SNEATH, P.H.A.: Principles of numerical Taxonomy.

W.N. Freeman & Co. 359 p. San Francisco (1.963).

SOLA FARRE, R.: Un ensayo de aplicación de los acontecimientos geomorfológicos al análisis metalogénico.

Trabajo realizado para optar al grado de Lic. en C. Geológicas. Facultad de Ciencias., Secc. Geológicas. MADRID. - (1.972).

SOS BAYNAT, V.: Mineralogía de Extremadura (Estudio sobre especies, yacimientos y génesis).

Bol. Del I.G.M.E., t. LXXIII, pp. 1-191 (1.962).

SZALAY, A.: Cation exchange properties of humic acids and their importance in the geochemical enrichment of UO_2^{2+} and other cations.

Geochemica et Cosmochemica. Acta.V.28.pp.1.605-1.614 (1.964)

- TENA, J.M. y TALLOS, A.: Memoria sobre una introducción a la -
geología de la zona de El Lobo (D. Benito, Badajoz).
Informe Interno. J.E.N. MADRID (1.970).
- THOMPSON, J.B.: The thermodynamic basis for the mineral facies
concept.
Am. Jour, of Science. Vol. 253, pp. 65-103. (1.955).
- TRIGUERO, E.M.: Estratigrafía del Paleozóico en la región del -
río Guadalmez.
Est. Geol. V.17, pp. 187-201 (1.961).
- VEGAS, R.: Sobre la existencia del Precámbrico en la Baja Extre-
madura.
Est. Geol. Vol. XXIV. pp. 85-89 (1.968).
- VEGAS, R.: Formaciones precámbricas de la Sierra Morena Occiden-
tal. Relación con las series anteordovicianas de Almadén. -
Don Benito y Cáceres.
Est. Geol. Vol XXVI. Inst. Lucas Mallada, C.S.I.C. MADRID
(1.970).
- VERNON, E.S.: Geology and Geochemistry of Uranium in marine -
black shales.
Geol. Surv. Prof. Papers, 356- , Washington (1.961).
- VISTELIUS, A.B.: Informational characteristic of frequency dis-
tributions in geochemistry.
Nature, V. 202, No. 4938. p. 1206 (1.964).
- VISTELIUS, A.B.: Studies in Mathematical Geology.
Consultants Bureau, 294 p. New York (1.967).

VISTELIUS, A.B. and SARMANOV, O.V.: On the correlation between -
percentage values: Major component correlation in ferromag-
nesium micas.

Jour. Geol., V. 69. No. 2, p. 145-153 (1.961).

YULE, G.V. & KENDALL, M.G.: An introduction to the theory of -
Statistics.

Charles Grriff & Co. Lmted., London, (1.940) 13 Ed., 570 pg.

IX. APENDICES Y TABLAS

DATOS DE PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

DATE 102877 PAGE 6

PARAMETROS FISICOQUIMICOS PH EM RH U308

17711	2.80000	610.00000	26.78000	.64000	17714	3.60000	370.00000	19.74000	.13200
17729	3.00000	660.00000	28.37000	.69000	17780	3.30000	600.00000	26.94000	.11600
17713	2.40000	630.00000	26.16000	.78000	17732	3.10000	580.00000	25.86000	.17800
17747	3.00000	580.00000	25.66000	.77000	17786	3.00000	540.00000	24.31000	.17500
17839	2.80000	580.00000	25.26000	.85000	17836	3.00000	700.00000	29.73000	.18600
17754	3.30000	600.00000	26.94000	.88000	17842	3.00000	470.00000	28.71000	.20000
17723	4.20000	530.00000	26.37000	.80000	17830	3.20000	580.00000	26.06000	.14900
17710	3.40000	620.00000	27.82000	.57000	17837	2.50000	620.00000	26.02000	.15000
17742	3.30000	500.00000	23.55000	.57000	17887	5.30000	380.00000	23.48000	.07800
17751	2.90000	570.00000	25.12000	.48000	17817	6.10000	530.00000	30.17000	.08300
17740	3.60000	640.00000	28.90000	1.30000	17815	6.40000	330.00000	23.99000	.10200
17841	3.10000	570.00000	25.52000	1.32000	17888	5.90000	300.00000	21.97000	.12200
17710	3.80000	590.00000	27.40000	.30400	17699	6.30000	320.00000	23.45000	.05200
17743	3.90000	610.00000	28.48000	.38000	17717	3.50000	470.00000	21.74000	.08900
17816	4.60000	420.00000	23.44000	.31000	17840	3.30000	580.00000	26.26000	.07100
17741	4.00000	520.00000	25.63000	.23800	17695	4.10000	490.00000	24.81000	.06700
17742	4.00000	460.00000	23.59000	.22800	17708	2.50000	660.00000	27.37000	.07500
17744	4.30000	540.00000	26.91000	.20200	17725	4.10000	540.00000	26.51000	.04800
17792	2.80000	560.00000	24.58000	.22700	17731	3.60000	510.00000	24.49000	.04200
17818	3.00000	630.00000	27.36000	.22200	17726	4.60000	460.00000	24.79000	.04300
17719	2.70000	570.00000	24.72000	.24700	17705	3.00000	680.00000	29.05000	.04300
17720	3.30000	580.00000	26.26000	.25500	17737	4.20000	480.00000	24.67000	.02400
17755	3.10000	620.00000	27.22000	.27200	17747	4.20000	550.00000	27.04000	.03000
17715	2.70000	500.00000	22.35000	.32600	17706	4.00000	260.00000	16.81000	.02200
17749	2.20000	580.00000	24.06000	.39000	17810	3.00000	540.00000	24.31000	.00200
17729	4.30000	520.00000	26.23000	.13200	17843	4.80000	360.00000	1.40000	.53000
17773	4.40000	390.00000	22.02000	.16200	17844	5.80000	280.00000	2.11000	.05000
17718	4.30000	210.00000	15.72000	.20000	17727	4.90000	190.00000	3.36000	.10800
					17845	5.80000	190.00000	5.16000	.03800

DATOS CUANTOMETRICOS Y DE COLOR (1)

DATOS DE DENSIDAD, CUANTOMETRO Y COLOR

DATE 102877 PAGE 9

	DENS	AL203	CAO	FE203	MGO	MNO	TIO2	X	Y	Z
496793	.00000	40.00000	.32000	14.00000	.60000	.25000	1.40000	12.04400	14.18300	12.01100
496533	2.82000	27.00000	.80000	3.00000	1.30000	.05000	1.00000	42.34600	42.41300	34.63200
L18372	2.71000	10.00000	.10000	1.90000	.45000	.15000	.25000	32.23800	31.89700	26.26200
496546	2.71000	29.50000	.30000	5.00000	1.60000	.01000	1.20000	18.33600	18.90100	19.70000
097142	2.66000	27.00000	.27000	4.10000	1.20000	.01000	1.00000	17.88600	18.79600	20.57200
097144	2.68000	33.00000	.27000	2.40000	.60000	.01000	1.30000	24.32700	27.14400	29.31800
097145	2.79000	36.00000	.10000	2.60000	.60000	.01000	1.00000	24.93000	27.77600	30.56000
547104	2.65000	25.20000	.10000	1.70000	.45000	.00100	1.00000	37.96000	37.92700	29.26500
486523	2.73000	22.00000	.10000	3.90000	.80000	.10000	1.00000	24.82200	28.51800	21.55500
486524	2.71000	19.50000	.10000	4.50000	.85000	.05000	1.10000	36.53200	37.27900	29.12700
266180	.00000	23.00000	.10000	3.00000	.45000	.10000	.30000	33.96000	34.03500	26.01500
486539	2.78000	34.00000	.10000	5.20000	.90000	.15000	1.00000	16.67800	16.79400	11.58500
L18376	2.71000	36.00000	.10000	4.40000	1.60000	.20000	.90000	23.66200	24.81500	18.18900
L18354	2.74000	38.00000	.10000	4.40000	.50000	.20000	.90000	23.98600	22.36100	25.86000
458532	2.66000	34.00000	.10000	7.50000	.60000	.15000	1.00000	29.57000	29.04200	20.03000
496797	.00000	28.00000	.10000	1.80000	.60000	.10000	1.10000	34.05400	35.36000	38.25800
L18379	2.74000	40.00000	.10000	2.00000	.60000	.25000	1.00000	28.49400	28.98900	32.28800
496796	.00000	26.50000	.10000	1.50000	.20000	.10000	1.10000	25.90400	26.63800	29.70500
L18377	2.71000	24.00000	.10000	2.50000	.25000	.15000	.90000	17.44000	17.22000	12.23400
547116	2.78000	17.00000	.27000	2.50000	.30000	.20000	.60000	30.85400	31.03500	23.89400
L18366	2.75000	30.00000	.30000	5.00000	.40000	.35000	.75000	22.19000	21.94100	19.97200
496792	.00000	40.00000	.42000	7.30000	.90000	.15000	1.40000	16.67400	17.24000	18.62600
L18365	2.79000	36.00000	.27000	8.00000	.90000	.20000	1.30000	20.89400	20.57500	17.29600
L18365	2.79000	36.50000	.52000	7.50000	.75000	.25000	1.40000	25.03500	26.10500	26.48800
266565	.00000	40.00000	.40000	5.00000	.60000	.15000	1.50000	24.28300	26.32000	27.28500
496789	.00000	38.00000	.52000	11.60000	1.20000	.15000	1.30000	24.87400	25.21900	23.41700
496791	2.67000	40.00000	.48000	10.00000	1.40000	.20000	1.50000	19.37700	19.37500	18.69700
L18353	2.75000	24.00000	.50000	10.00000	2.00000	.20000	1.50000	20.51100	20.42500	21.89800

492784	.00000	40.00000	.36000	6.50000	1.50000	.20000	1.40000	17.90100	17.76200	19.14400
L18358	2.87000	40.00000	.46000	7.70000	1.30000	.25000	1.60000	14.58300	14.65200	22.05500
458529	2.69000	29.00000	.54000	4.70000	.70000	.15000	.85000	24.67100	29.06300	25.46300
547109	.00000	30.00000	.38000	4.10000	.50000	.15000	.75000	30.60000	30.82100	24.98100
488521	2.72000	21.00000	.38000	3.90000	.80000	.15000	.80000	30.05400	29.12700	23.66400
397141	.00000	19.00000	.42000	4.00000	.95000	.15000	1.00000	25.08500	26.08400	20.33200
547114	2.79000	27.00000	.50000	4.70000	1.10000	.15000	.90000	34.84300	31.66700	24.95200
458530	2.77000	23.00000	.27000	5.30000	.75000	.20000	.90000	27.32500	27.89700	24.66200
L18371	2.75000	24.70000	.27000	7.00000	.95000	.15000	1.00000	32.77500	33.16900	28.03100
458531	2.78000	29.00000	.27000	6.10000	.70000	.20000	1.00000	27.34200	27.39300	21.00400
492794	.00000	14.00000	.27000	5.00000	.75000	.30000	1.10000	23.43800	23.89400	21.62100
494554	.00000	30.00000	.40000	2.40000	.70000	.15000	1.00000	20.15200	20.47600	21.50900
497141	2.53000	35.50000	.30000	2.80000	.80000	.10000	1.20000	27.12100	26.89700	25.73000
L18359	2.75000	25.00000	.27000	2.70000	1.00000	.10000	1.00000	19.57500	20.17700	21.86300
266178	.00000	32.50000	.45000	3.50000	.95000	.10000	1.30000	16.85900	17.19100	19.09400
496786	.00000	35.00000	.36000	3.00000	.95000	.10000	1.20000	20.28600	20.73300	21.78800
547114	.00000	26.00000	.35000	5.90000	.90000	.10000	1.00000	24.15600	24.63000	21.00900
497147	2.78000	38.00000	.30000	4.60000	.80000	.05000	1.00000	37.65600	37.83700	33.78000
497140	2.76000	34.00000	.27000	2.40000	.60000	.05000	1.10000	20.13600	20.71600	21.87000
266548	.00000	26.00000	2.20000	2.50000	.40000	.15000	.45000	30.94600	32.10700	32.10200
497143	3.01000	26.00000	.30000	15.00000	.80000	.05000	1.00000	22.10700	21.18100	17.67300
197140	.00000	24.50000	.46100	6.50000	.45000	.15000	1.00000	33.70200	32.85400	27.38300
266170	.00000	24.00000	16.00000	7.30000	1.60000	.50000	.90000	47.14900	19.20100	20.10800
498528	2.60000	44.00000	.10000	.70000	.20000	.05000	1.0000	36.21900	29.66100	25.81400
488522	2.67000	5.00000	.10000	2.40000	.40000	.05000	.20000	27.17700	27.25100	21.32700
L18367	2.65000	23.00000	.56000	4.00000	7.50000	.15000	.90000	25.98000	26.70800	23.96700
266179	.00000	28.00000	.36100	1.00000	3.00000	.35000	1.10000	24.02400	23.78200	31.63500
266549	.00000	31.00000	1.00000	3.00000	.90000	.10000	1.00000	16.11900	17.20400	19.60700
494552	.00000	35.00000	1.00000	9.00000	.60000	.15000	1.00000	23.13400	23.76400	19.24500
L18363	2.89000	26.50000	.27000	8.80000	.65000	.15000	1.30000	10.86400	11.23000	11.41100
494551	.00000	23.00000	.49000	12.50000	.70000	.15000	1.10000	18.70300	19.39600	14.00700

DATOS CUANTOMETRICOS Y DE COLOR (3)

	DATE	102877	PAGE	11						
458525	2.71000	30.00000	.54000	5.00000	2.20000	.05000	1.40000	34.58900	33.89700	28.04500
458526	2.69000	22.00000	.46000	4.40000	3.10000	.10000	.95000	22.05500	22.11100	20.45300
458527	.00000	21.00000	.76000	6.50000	3.40000	.10000	.75000	20.56200	20.17300	17.31900
458528	2.75000	22.50000	.48000	9.80000	1.40000	.05000	.90000	36.37000	37.79400	28.06800
458529	2.69000	24.50000	.78000	8.00000	1.60000	.05000	1.20000	19.76000	19.40400	15.81900
458530	2.54000	38.00000	.82000	8.60000	3.20000	.15000	1.20000	16.01900	15.65800	17.31300
458531	.00000	27.50000	.86000	10.70000	2.60000	.15000	1.07000	19.85800	19.87300	19.06600
458532	.00000	26.00000	.86000	7.70000	4.30000	.15000	1.30000	22.10000	21.38700	17.77600
458533	2.76000	27.00000	.84000	6.50000	3.10000	.20000	1.30000	27.16400	27.37800	27.46900
458534	2.80000	33.50000	.36000	5.60000	1.60000	.10000	1.20000	39.60500	38.99300	26.43300
458535	.00000	30.00000	.58000	4.70000	1.60000	.10000	1.00000	43.41500	44.01000	40.67300
458536	.00000	40.00000	.27000	5.50000	1.30000	.15000	1.50000	34.13200	37.52900	38.47200
458537	2.81000	31.50000	.30000	6.70000	1.90000	.10000	1.00000	21.57600	21.24300	23.22000
458538	.00000	40.00000	.47000	6.70000	1.20000	.20000	1.30000	27.36300	25.65800	22.45000
458539	2.75000	40.00000	.52000	6.70000	1.50000	.20000	1.30000	24.46100	24.46600	23.39800
458540	.00000	40.00000	.58000	8.50000	1.50000	.25000	1.00000	23.07700	25.11300	18.51800
458541	.00000	40.00000	.62000	6.50000	1.60000	.20000	1.40000	20.66600	21.01300	34.62300
458542	2.55000	40.00000	.52000	5.30000	2.00000	.25000	1.50000	22.49000	22.95900	23.61400
458543	.00000	38.00000	.45000	4.70000	1.50000	.20000	1.20000	25.21200	22.32900	26.46700
458544	2.68000	33.00000	.60000	5.20000	1.70000	.20000	.95000	25.69000	25.25700	22.36900
458545	2.53000	32.50000	.68000	4.50000	1.60000	.20000	1.35000	33.88400	33.94300	28.98000
458546	2.71000	40.00000	.74000	6.70000	1.90000	.20000	.70000	22.30800	21.39500	19.05100
458547	2.70000	34.50000	.66000	5.50000	1.20000	.15000	1.30000	27.97100	27.04200	25.15000
458548	.00000	38.00000	.62000	4.60000	1.20000	.15000	1.10000	25.76700	24.30500	19.80100
458549	2.60000	40.00000	.66000	7.70000	1.10000	.10000	1.10000	34.99000	28.87900	24.66400
458550	2.79000	40.00000	.44000	5.90000	1.50000	.10000	1.00000	25.14300	25.86000	23.07800
458551	2.71000	38.00000	.64000	6.80000	1.40000	.10000	1.10000	21.13800	20.99500	21.05200
458552	.00000	40.00000	.54000	4.70000	1.20000	.15000	.90000	28.21200	18.85000	30.18700
458553	.00000	38.00000	.90000	4.00000	1.00000	.10000	1.70000	31.30300	32.74800	30.88500
458554	2.73000	38.00000	.42000	6.00000	1.20000	.15000	1.20000	21.07600	22.14700	22.21900
458555	.00000	30.00000	.48000	4.80000	.90000	.15000	1.10000	22.47700	23.07800	21.42700
458556	.00000	40.00000	.94000	8.50000	1.85000	.30000	1.20000	.00000	.00000	.00000

[illegible]

✓, U308 y semicuantitativos (1)

DATOS DE PARAMETROS SEMICUANTITATIVOS, GANADERIA Y CONTENIDO EN U308

	GA	U308	AL	B	CA	CR	CU	FE	GA	K	LI
1001	100.59100	.14400	6.00000	.01500	.20000	.06000	.00800	4.00000	.01200	2.50000	.20000
1026	162.03100	.15000	6.00000	.02000	.08000	.03000	.01000	7.00000	.00700	3.50000	.20000
1014	235.01100	.28700	10.00000	.06000	.50000	.05000	.01500	5.00000	.02000	2.50000	.40000
1011	122.26100	.23800	10.00000	.03000	.20000	.04000	.04000	5.00000	.02500	3.00000	.10000
1012	226.47400	.56000	13.00000	.02000	.40000	.04000	.00800	5.00000	.01500	2.00000	.20000
1014	258.17000	.83000	9.00000	.03000	.30000	.04000	.03000	7.00000	.01000	1.00000	.25000
1004	447.11000	1.47000	8.00000	.05000	.40000	.07000	.00800	5.00000	.01200	2.50000	.40000
1006	227.21800	.58000	7.00000	.01500	.30000	.00100	.00800	5.00000	.02000	2.50000	.15000
1033	145.12100	.19000	6.00000	.02000	.70000	.05000	.06000	5.00000	.00100	.80000	.20000
1030	155.49100	.22700	12.00000	.08000	.30000	.02000	.03000	4.00000	.00600	3.00000	.08000
1037	216.30800	.31400	5.00000	.06000	.15000	.00100	.00100	2.00000	.00100	1.50000	.05000
1013	86.03600	.16000	10.00000	.06000	.01000	.02000	.01000	5.00000	.00800	1.50000	.08000
1010	.00000	.00900	15.00000	.04000	.40000	.04000	.00800	6.00000	.02500	2.00000	.10000
1034	.00000	.01100	18.00000	.15000	.60000	.03000	.04000	9.00000	.02000	3.00000	.10000
1007	.00000	.01300	12.00000	.15000	.20000	.02000	.00600	7.00000	.01500	3.00000	.20000
1031	43.49100	.02700	15.00000	.10000	.50000	.03000	.00600	7.00000	.01500	5.00000	.20000
1009	.00000	.00500	10.00000	.02500	.08000	.04000	.00100	2.00000	.00900	1.00000	.25000
1044	.00000	.00400	9.00000	.15000	.60000	.03000	.01000	10.00000	.01500	4.00000	.30000
1018	.00000	.00900	6.00000	.02000	.50000	.03000	.01500	7.00000	.01000	1.00000	.25000
1003	120.24300	.05700	18.00000	.01000	.40000	.03000	.02000	7.00000	.02000	3.00000	.20000
1047	122.65400	.16300	15.00000	.08000	.60000	.03000	.03000	12.00000	.01500	1.00000	.30000
1048	180.34900	.10000	15.00000	.08000	.50000	.04000	.08000	5.00000	.01500	3.00000	.20000
1023	29.19700	.06500	6.00000	.06000	.40000	.03000	.03000	4.00000	.00800	.60000	.15000
1046	59.42300	.06700	8.00000	.05000	.20000	.04000	.01000	3.00000	.00700	3.00000	.25000
1040	.00000	.00400	6.00000	.01500	.30000	.03000	.01500	4.00000	.00100	1.00000	.08000
1043	.00000	.00200	4.00000	.03000	.10000	.00100	.00100	1.00000	.00500	4.00000	.30000
1019	.00000	.00900	6.00000	.00100	.60000	.06000	.00600	20.00000	.00500	.80000	.25000

X. U308 y semicuantitativos (2)

103A	.00000	.00400	7.00000	.00100	1.00000	.00100	.05000	12.00000	.00100	2.50000	.10000
103B	.00000	.01200	4.00000	.00100	1.00000	.02000	.00800	4.00000	.01000	3.00000	.15000
103C	.00000	.01300	10.00000	.10000	.20000	.01500	.00100	12.00000	.00100	2.50000	.07000
1017	78.76200	.10300	5.00000	.03000	.10000	.01500	.00100	8.00000	.00100	2.00000	.09000
1002	141.70500	.15800	14.00000	.15000	.10000	.01500	.00100	14.00000	.00100	1.50000	.09000
1035	42.37000	.03900	14.00000	.10000	.20000	.01500	.00100	12.00000	.00100	2.00000	.05000
100A	.00000	.01100	14.00000	.06000	.15000	.00100	.00100	18.00000	.00100	.60000	.07000
102A	28.03600	.03000	8.00000	.08000	.15000	.00100	.00100	18.00000	.00100	2.00000	.07000
1021	.00000	.00300	12.00000	.05000	.20000	.02000	.00100	9.00000	.00100	1.00000	.09000
1024	52.88100	.05800	8.00000	.05000	.06000	.01500	.00100	6.00000	.00100	1.50000	.04000
1027	126.44600	.30200	6.00000	.02000	.20000	.02000	.00100	4.00000	.00100	1.00000	.05000
1005	133.77700	.22800	12.00000	.05000	.20000	.02000	.00700	4.00000	.01000	1.00000	.06000
1029	.00000	.01000	10.00000	.02000	.30000	.03000	.00800	5.00000	.00800	1.50000	.08000
1042	.00000	.00500	12.00000	.06000	.40000	.02000	.00800	3.00000	.00400	1.00000	.06000
1041	.00000	.01400	10.00000	.04000	.60000	.02000	.02000	5.00000	.00600	.80000	.06000
1025	.00000	.00600	10.00000	.02000	.30000	.01500	.00100	3.00000	.00100	.60000	.06000
102n	.00000	.00400	10.00000	.02000	1.00000	.00100	.00500	7.00000	.01200	1.00000	.08000
1045	23.80200	.02400	7.00000	.01000	1.00000	.00100	.03000	3.00000	.00100	.40000	.15000

Y, U308 y semicuantitativos (3)

DATE 102877

PAGE 14

	MG	MN	NA	NI	TI	V	
1001	.30000	.00600	1.00000	.00800	1.00000	.02500	
1024	.30000	.00500	1.00000	.02000	.80000	.02000	
1019	.50000	.01500	1.00000	.02000	1.00000	.04000	
1011	.50000	.00400	.70000	.03000	2.00000	.03000	
1012	.25000	.00600	.35000	.02000	.60000	.04000	
1014	.50000	.00600	.35000	.04000	.50000	.06000	
1004	.40000	.00600	1.00000	.02500	1.00000	.03000	
1006	.40000	.00100	.30000	.02000	.60000	.03000	
1033	.50000	.00600	.80000	.00500	.80000	.02000	
1030	.80000	.03000	.30000	.00100	1.00000	.10000	
1037	.20000	.00500	.25000	.00100	.50000	.03000	
1013	.30000	.00400	.20000	.00100	.70000	.02000	
1010	.80000	.02000	.60000	.00600	1.00000	.05000	
1034	1.00000	.03000	.50000	.01000	1.50000	.05000	
1007	.80000	.01000	.50000	.00100	.80000	.03000	
1031	1.50000	.02000	1.00000	.00600	1.00000	.20000	
1009	.30000	.00800	.70000	.00100	1.00000	.03000	
1044	1.50000	.08000	.90000	.02000	.50000	.03000	
1018	.60000	.02500	.70000	.04000	.50000	.20000	
1003	1.00000	.05000	.90000	.02000	1.50000	.05000	
1047	.80000	.07000	.75000	.03000	.80000	.08000	
1048	.80000	.01500	1.50000	.02000	1.50000	.15000	
1023	.40000	.02000	.30000	.02000	.60000	.04000	
1046	.60000	.06000	.40000	.02000	.80000	.03000	
1040	2.00000	.10000	.25000	.01500	.30000	.02000	
1043	.08000	.08000	.60000	.00100	.05000	.00100	
1019	5.00000	.40000	.25000	.04000	.40000	.02000	
1035	10.00000	.08000	.30000	.02000	.60000	.06000	
1039	.25000	.60000	2.00000	.01000	.04000	.08000	
1034	1.50000	.05000	.00100	.03000	1.00000	.15000	
1017	3.00000	.05000	.00100	.03000	1.00000	.20000	

SHAWNEE COUNTY, S. D. 10-10-1984, 11 18

Y. U308 y semicuantitativos (4)

	DATE	102877	PAGE	17		
1007	1.00000	.02000	.00100	.02000	.80000	.05000
1035	2.00000	.02000	.00100	.00600	1.00000	.05000
1004	3.00000	.02000	.00100	.04000	3.00000	.50000
1024	2.00000	.05000	.00100	.03000	.80000	.20000
1021	1.50000	.50000	.00100	.02000	1.50000	.07000
1024	.30000	.00100	.00100	.04000	2.00000	.07000
1027	.30000	.01000	.00100	.02000	.30000	.08000
1005	.30000	.01000	.00100	.00700	1.00000	.02500
1029	.50000	.07000	.00100	.00500	.60000	.02500
1042	.60000	.04000	.00100	.00500	.60000	.02000
1041	.60000	.03000	.00100	.02000	.50000	.02000
1025	.30000	.01500	.00100	.01500	.40000	.04000
1020	.80000	.05000	.00100	.01000	.60000	.02000
1044	.70000	.03000	.00100	.01500	.80000	.01000
JUNTA DE						
ENERGIA						
1044						
1020						
1025						
1041						
1042						
1029						
1005						
1027						
1024						
1021						
1024						
1035						
1007						

[illegible]

[illegible]

CODIFICACION MINERALOGICA DE MUESTRAS (1)

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 1

16563	22211211111111111111
17661	11111111111111111111
17662	22111211111111111111
16729	22111111111111111111
17660	11111211111111111111
16566	22121121111111111111
16561	22211111111111111111
17764	22111111111111111111
16559	22211111111111111111
17659	22211111111111111111
17763	22211111111111111111
16565	22211111111111111111
17668	22211111111111111111
17676	22211111111111111111

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 3

16741	12211111111111111111
16734	12211111111111111111
16551	22111111111111111111
16726	12211111111111111111
17678	22211111111111111111
17677	22211111111111111111
16548	22211111111111111111
17776	22211111111111111111
17766	22211111111111111111
17763	22211111111111111111
17673	22211111111111111111
17684	22211111111111111111
17676	22211111111111111111

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 5

16744	12211111111111111111
16364	12221111111111111111
16351	12211111111111111111

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 7

17740	22112211111111111111
17737	22112211111111111111
17732	22111221111111111111
17726	22111211111111111111
17725	22111211111111111111
17731	22111211111111111111
17729	22111211111111111111
17730	22111211111111111111
17733	22111211111111111111
17735	22111211111111111111

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 2

16735	11111111111111111111
16736	11111111111111111111
17791	22111111111111111111
16566	11111111111111111111
17767	22111111111111111111
17687	21111111111111111111

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 4

16737	12111211111111111111
17717	22111111111111111111
16736	12111111111111111111
16743	12111111111111111111
17726	12111111111111111111
16550	12111211111111111111
16556	22111111111111111111
16555	22111111111111111111
16738	12211111111111111111
16553	22111111111111111111
16742	12111111111111111111
16740	12211111111111111111
16739	12211111111111111111
16557	22211111111111111111
16552	22211111111111111111
17672	22211111111111111111

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 6

17795	22111111111111111111
17730	22112211111111111111
17724	22111111111111111111
16359	22111111111111111111
16728	12111111111111111111
17748	22111111111111111111
16572	12121111111111111111
16373	22121111111111111111
16377	22121111111111111111
17754	12121111111111111111
17743	22121111111111111111

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 8

16375	11211111111111111111
17749	22211111111111111111
17675	11111111111111111111
17663	11111111111111111111
16376	11111111111111111111
17671	11111111111111111111
16566	11111111111111111111
16376	22111111111111111111
16550	21111111111111111111

CODIFICACION MINERALOGICA DE MUESTRAS (2)

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 9

18062 2122111112111111,1,1,1
18061 2122111112111111,1,1,1
18049 2122111112111111,1,1,1
18071 2122111112111111,1,1,1
17004 2122111112111111,1,1,1
18062 2122111112111111,1,1,1
18068 2122111112111111,1,1,1
17066 2122111112111111,1,1,1
17067 2122111112111111,1,1,1

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 11

17776 2211111111211111,1,1,1
17742 2211111111211111,1,1,1
17775 2211111111211111,1,1,1
16748 2211111111211111,1,1,1
17707 2211111111211111,1,1,1
17701 2211111111211111,1,1,1
17779 2211111111211111,1,1,1
17708 2211111111211111,1,1,1

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 13

16752 2122111112111111,1,1,1
17735 2122111112111111,1,1,1
17705 2122111112111111,1,1,1
17751 2122111112111111,1,1,1
17716 2122111112111111,1,1,1
16553 2222111112111111,1,1,1
17070 2122111112111111,1,1,1
17061 2122111112111111,1,1,1
16000 2122111112111111,1,1,1
18054 2122111112111111,1,1,1
17069 2212111112111111,1,1,1
17769 2212111112111111,1,1,1
17098 2212111112111111,1,1,1
17081 2212111112111111,1,1,1
17702 2212111112111111,1,1,1

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 14

17722 2212111111211111,1,1,1
17721 2212111111211111,1,1,1
17706 2212111111211111,1,1,1
17790 2212111111211111,1,1,1
16747 2222111112111111,1,1,1
16745 2222111112111111,1,1,1
16749 2212111111211111,1,1,1
17705 2212111111211111,1,1,1
17705 2212111111211111,1,1,1
17079 2212111111211111,1,1,1

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 10

16766 2211111111211111,1,1,1
16768 2211111111211111,1,1,1
17798 2211111111211111,1,1,1
16763 2211111111211111,1,1,1
16762 2211111111211111,1,1,1
17736 2211111111211111,1,1,1
17734 2211111111211111,1,1,1
17728 2211111111211111,1,1,1
17727 2211111111211111,1,1,1
17036 2211111111211111,1,1,1
17097 2211111111211111,1,1,1

REORDENACION DE LAS MUESTRAS DE LA FAMILIA 12

17799 2212111111211111,1,1,1
17602 2212111111211111,1,1,1
17653 2212111111211111,1,1,1
17693 2212111111211111,1,1,1
17741 2212111111211111,1,1,1
17714 2212111111211111,1,1,1
17677 2212111111211111,1,1,1
17600 2212111111211111,1,1,1
17723 2212111111211111,1,1,1
17713 2212111111211111,1,1,1
17712 2212111111211111,1,1,1
17724 2212111111211111,1,1,1
17718 2212111111211111,1,1,1
17767 2222111111211111,1,1,1
17777 2222111111211111,1,1,1
17639 2222111111211111,1,1,1
17635 2212111111211111,1,1,1
17715 2212111111211111,1,1,1
17727 2212111111211111,1,1,1
16765 2212111111211111,1,1,1
17733 2212111111211111,1,1,1
17785 2212111111211111,1,1,1
16374 2212111111211111,1,1,1
17709 2212111111211111,1,1,1
17725 2212111111211111,1,1,1
17776 2212111111211111,1,1,1
17763 2212111111211111,1,1,1
17756 2212111111211111,1,1,1
17747 2212111111211111,1,1,1
17745 2212111111211111,1,1,1
17744 2212111111211111,1,1,1
17719 2212111111211111,1,1,1
17696 2212111111211111,1,1,1
17753 2212111111211111,1,1,1
17736 2212111111211111,1,1,1
16767 2212111111211111,1,1,1
17739 2212111111211111,1,1,1
17720 2212111111211111,1,1,1
17790 2212111111211111,1,1,1
17771 2212111111211111,1,1,1
17701 2212111111211111,1,1,1
16771 2212111111211111,1,1,1
16770 2212111111211111,1,1,1
16769 2212111111211111,1,1,1
17704 2212111111211111,1,1,1
17762 2212111111211111,1,1,1
17760 2212111111211111,1,1,1
17759 2212111111211111,1,1,1
17753 2212111111211111,1,1,1
17711 2212111111211111,1,1,1
17765 2212111111211111,1,1,1
17801 2212111111211111,1,1,1
17757 2212111111211111,1,1,1
17758 2212111111211111,1,1,1

RECORDACION DE LAS PUESTRAS DE LA FAMILIA 15

17694	22211111112211111111211
17693	222211111112211111111211
17793	222211111112211111111211
18367	2222111111122212111111111
16740	2222111111122211111111211
17794	2222111111122211111111211
17768	2222111111122212111111211
17792	2222111111122212111111211
16730	2211111111122111111111211
16753	2211111111122111111111211
17584	2212111111122111111111211
16759	2212111112122111111111211
17691	2212111111222121111111211
17792	2212111111122212111111111
17793	2212111111122211111111211
16757	2212111111122211111111211
16750	2212111111122211111111211
17695	2212111111222111111111211
17682	2212111111122211111111221
16753	2212111111122111111111111
16756	2212111111122111111111111
16764	2212111111122211111111111
16761	2212111111122211111111111
16760	2212111111122211111111111
16755	2212111111122211111111111
16754	2212111111122211111111111
17680	2212111111122211111111111

RECORDACION DE LAS PUESTRAS DE LA FAMILIA 16

17791	222112111212121111111211
17746	221112111212112111111211
18355	222211111212112111111211
17674	222111111112112112111211
16731	122111111112112111111211
17690	2221111111121121111111211

SALIDA DE PROGRAMA GETEN (1)

DATE 020377 PAGE 24

ESTUDIO DEL PARAMETRO 2 U308

DATOS ORIGINALES

ML1001 ..	.148	ML1026 ..	.150	ML1014 ..	.287	ML1011 ..	.238
ML1012 ..	.560	ML1016 ..	.830	ML1004 ..	1.670	ML1006 ..	.580
PD1033 ..	.190	PD1030 ..	.227	PD1037 ..	.314	ML1013 ..	.160
ML1010 ..	.009	PD1036 ..	.011	ML1007 ..	.013	PD1031 ..	.027
ML1009 ..	.005	PD1044 ..	.004	ML1018 ..	.009	PD1003 ..	.057
PD1047 ..	.163	PD1048 ..	.100	ML1023 ..	.065	PD1046 ..	.067
PD1040 ..	.006	PD1043 ..	.002	ML1019 ..	.009	PD1038 ..	.004
PD1039 ..	.012	PD1034 ..	.013	ML1017 ..	.103	ML1002 ..	.158
PD1035 ..	.039	ML1008 ..	.011	ML1028 ..	.030	ML1021 ..	.003
ML1024 ..	.058	ML1027 ..	.302	ML1005 ..	.228	ML1029 ..	.010
PD1042 ..	.005	PD1041 ..	.016	ML1025 ..	.006	ML1020 ..	.004
PD1045 ..	.024	ML1022 ..	.011	ML1015 ..	.219		

N U C L E A R

E N E R G I A

J U N T A

LA MÁXIMA APROXIMACIÓN A LA NORMALIDAD CON LOS DATOS ORIGINALES SE CONSIGUE CON 12 INTERVALOS
LOS QUE CORRESPONDE UN PASO = .15163636400

GRUPO	DENS. REAL	DENS. ESTIM.
0	.00000000	.10472444+02
1	.28000000+02	.88687117+01
2	.11000000+02	.99762075+01
3	.40000000+01	.84507298+01
4	.00000000	.53905759+01
5	.20000000+01	.25A90703+01
6	.10000000+01	.93620300+00
7	.00000000	.25440386+00
8	.00000000	.52181721-01
9	.00000000	.80418587-02
10	.00000000	.93555450-03
11	.00000000	.82969666-04
12	.10000000+01	.57220459+05
13	.00000000	.00000000

EL DIBUJO DEL PARAMETRO 2 HA SIDO TERMINADO
PLOT OF NORMAL DISTRIBUTION

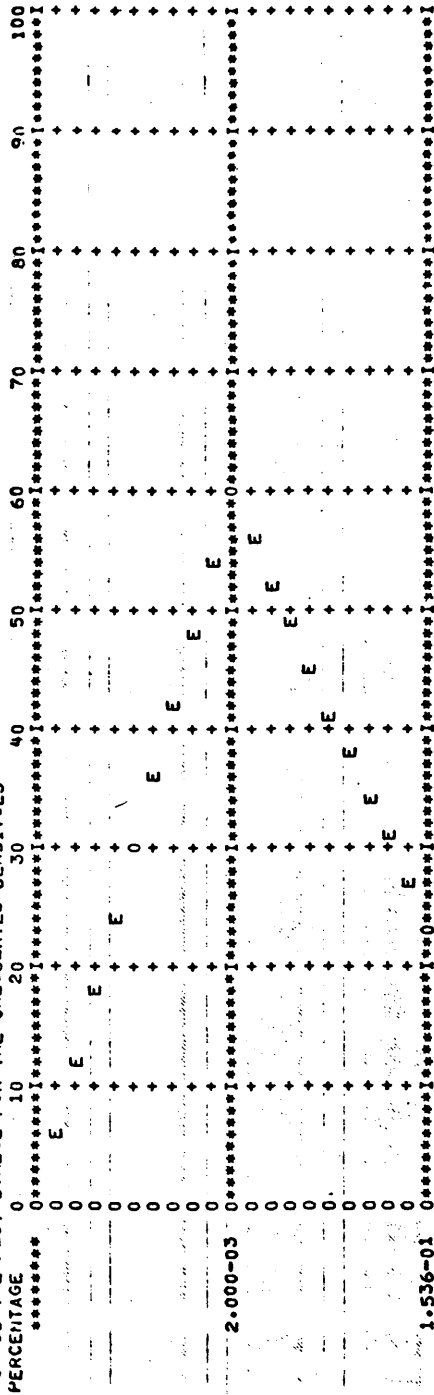
```

MEAN= .15227657 NO. OF OBSERVATIONS= 47
VARIANCE= 14204.62658691 NO. OF GROUPS= 12

CENTERPOINT OF INITIAL GROUP OF EMPIRICAL DENSITIES = .00200000
CENTERPOINT OF FINAL GROUP OF EMPIRICAL DENSITIES = 1.669999999
STEP SIZE= .15163636 K FACTOR= 1.

```

'E' IS THE PLOT SYMBOL FOR THE EMPIRICAL DENSITIES
'C' IS THE PLOT SYMBOL FOR THE CALCULATED DENSITIES



SALIDA DE PROGRAMA GETEN (3)

[illegible]

SALIDA DE PROGRAMA GETEN (5)

DATE 020377

PAGE 2A

LOS VALORES DE CHI2 ENCONTRADOS PARA LOS DATOS ORIGINALES Y LAS SUCESIVAS TRANSFORMACIONES. SON

TRANSF.	CHI2	PROBABILIDAD
DATOS		
TR. 1	.174821+06	.147621+00
TR. 2	.149854+06	.147621+00
TR. 3	.167896+02	.114257+00
TR. 4	.149854+06	.114257+00
TR. 5	.167896+02	.114257+00
TR. 6	.217175+03	.114257+00
TR. 7	.174821+06	.114257+00
TR. 8	.217175+03	.114257+00
TR. 9	.217175+03	.114257+00
TR. 10	.612403+02	*****
TR. 11	.174821+06	*****

PARA ESTA PARAMETRO LA MEJOR TRANSFORMACION ES LA NO. 4 QUE CORRESPONDE AL TIPO LOG10(X-C)

CHI CUADRADO = .16789546+02 CON UNA PROBABILIDAD DE .11425693+00 Y 11 GRADOS DE LIBERTAD

NUMERO MINIMO DE ELEMENTOS POR GRUPO = 0

NO. GRUPO	DENS. REAL	DENS. ESTIM.
0	.00000000	.13930585+01
1	.10000000+01	.15391279+01
2	.60000000+01	.26238878+01
3	.50000000+01	.39593666+01
4	.80000000+01	.52883165+01
5	.30000000+01	.62521522+01
6	.20000000+01	.65426788+01
7	.50000000+01	.60604000+01
8	.60000000+01	.49689283+01
9	.70000000+01	.36081440+01
10	.20000000+01	.23165030+01
11	.10000000+01	.13171453+01
12	.10000000+01	.66290140+00
13	.00000000	.46938992+00

EL DIBUJO DEL PARAMETRO 2 HA SIDO TERMINADO

PLOT OF NORMAL DISTRIBUTION

MEAN= -1.38623734 NO. OF OBSERVATIONS= 47
 VARIANCE= 14204.62658691 NO. OF GROUPS= 12
 CENTERPOINT OF INITIAL GROUP OF EMPIRICAL DENSITIES = -2.69896999
 CENTERPOINT OF FINAL GROUP OF EMPIRICAL DENSITIES = .22271642

SALIDA DE PROGRAMA GETRES (1)

DATE 010477 PAGE 14

COEFICIENTES DE CORRELACION

AL203 VS	CAO	=	.151754	AL203 VS FE203	=	.179365	AL203 VS	MGO	=	.030112
AL203 VS	MGO	=	.243307				CAO VS	MNO	=	.058816
CAO VS	FE203	=	.387196	CAO VS	MGO	=	.528220			
FE203 VS	MGO	=	.237872	FE203 VS	MNO	=	.225942			
MGO VS	MNO	=	.684351							
TI02 VS	AL203	=	.457820	TI02 VS	CAO	=	.234405	TI02 VS	FE203	=
TI02 VS	MGO	=	.170778	TI02 VS	MNO	=	.107127			

DATE 010477 PAGE 21

ESTUDIO DEL PARAMETRO AL203

ERROR ESTANDAR = 6.871290

PASO NO. 1

VARIABLE ENRIANTE 5 : TI02

NIVEL F 21.21448

ERROR ESTANDAR DE Y : 6.146948

CONSTANTE 17.236355

VARIABLE	COEFICIENTE	ERROR ESTANDAR DEL COEFICIENTE
----------	-------------	--------------------------------

X 5 = TI02	13.19977	2.86583
------------	----------	---------

PASO NO. 2

VARIABLE ENRIANTE 4 : MNO

NIVEL F 4.009304

ERROR ESTANDAR DE Y : 6.034498

CONSTANTE 15.163773

VARIABLE	COEFICIENTE	ERROR ESTANDAR DEL COEFICIENTE
----------	-------------	--------------------------------

X 4 = MNO	18.71838	9.34032
X 5 = TI02	12.59279	2.82909

SALIDA DE PROGRAMA GETRES (2)

PASO AC. 3
 VARIABLE ENTRANTE 3 : MGO
 NIVEL F .399113
 ERROR ESTANDAR DE Y : 6.057360
 CONSTANTE 15.440946

VARIABLE	COEFICIENTE	ERROR ESTANDAR DEL COEFICIENTE
X 3 = AGO	-.56144	.88949
X 4 = MNO	19.11904	9.40549
X 5 = T102	12.80975	2.87914

PASO AC. 4
 VARIABLE ENTRANTE 1 : CAO
 NIVEL F .694373
 ERROR ESTANDAR DE Y : 6.069482
 CONSTANTE 15.253597

VARIABLE	COEFICIENTE	ERROR ESTANDAR DEL COEFICIENTE
X 1 = CAO	2.86935	3.48340
X 3 = MGO	-1.00084	1.03524
X 4 = MNO	19.11441	9.42397
X 5 = T102	12.47115	2.92321

PASO AC. 5
 VARIABLE ENTRANTE 2 : FE203
 NIVEL F .026807
 ERROR ESTANDAR DE Y : 6.108125
 CONSTANTE 15.277789

VARIABLE	COEFICIENTE	ERROR ESTANDAR DEL COEFICIENTE
X 1 = CAO	3.04678	3.61957
X 2 = FE203	-.03100	.30047
X 3 = MGO	-.97709	1.04200
X 4 = MNO	19.44758	9.68498
X 5 = T102	12.59369	3.03401

SALIDA DE PROGRAMA GETRES (3)

PAG

DATE 010477

PRELICCION SOBRE RESULTADOS ACTUALES

Ob. No.	ACTUALES	PRELICCION	DEVIACION	TPC. IFSV
1	.170000*02	.271193+02	-.101193+02	-.595256+02
2	.230000*02	.303057+02	-.730570+01	-.317639+02
3	.210000*02	.264306+02	-.743061+01	-.353830+02
4	.350000*02	.515735+02	.157000+01	.502114+01
5	.400000*02	.567073+02	.593722+01	.983179+01
6	.280000*02	.306993+02	-.208987+01	-.906669+01
7	.300000*02	.330767+02	-.307668+01	-.102556+02
8	.380000*02	.350999+02	.140012+01	.383595+01
9	.290000*02	.256607+02	-.606708+00	-.209223+01
10	.400000*02	.325705+02	.742952+01	.105730+02
11	.280000*02	.311042+02	-.400425+01	-.173745+02
12	.300000*02	.280900+02	.150947+01	.636660+01
13	.270000*02	.297155+02	-.271158+01	-.100573+02
14	.300000*02	.299302+02	.606962+01	.168606+02
15	.295000*02	.296474+02	-.147428+00	-.499757+00
16	.310000*02	.318121+02	-.812103+00	-.261969+01
17	.300000*02	.297474+02	.252620+00	.842096+00
18	.400000*02	.307597+02	.324042+01	.810080+01
19	.400000*02	.300415+02	.335067+01	.989618+01
20	.400000*02	.297376+02	.102624+02	.256560+02
21	.150000*02	.338391+02	-.133909+01	-.412029+01
22	.300000*02	.339333+02	.400669+01	.105439+02
23	.200000*02	.205038+02	.245616+01	.108529+02
24	.300000*02	.334146+02	.408505+01	.107512+02
25	.300000*02	.323110+02	.206894+01	.762567+01
26	.300000*02	.343022+02	.363776+01	.957306+01
27	.400000*02	.358353+02	.116447+01	.104112+02
28	.400000*02	.374332+02	.256677+01	.641693+01
29	.160000*02	.347645+02	-.207845+02	.188461+03
30	.400000*02	.376135+02	.230646+01	.596614+01
31	.200000*02	.370759+02	-.110759+02	-.425995+02
32	.300000*02	.300631+02	.791694+01	.208340+02
33	.300000*02	.350338+02	.944170+00	.262272+01
34	.300000*02	.364143+02	-.391480+01	-.120455+02
35	.400000*02	.400111+02	-.142050+02	-.355124+02
36	.200000*02	.295035+02	-.450348+01	-.180139+02
37	.400000*02	.352652+02	.471480+01	.117870+02
38	.200000*02	.352521+02	-.774207+01	-.294004+02
39	.300000*02	.264330+02	.300703+01	.954614+01
40	.300000*02	.302444+02	-.172442+01	-.872444+01
41	.300000*02	.317597+02	-.170967+01	-.596558+01
42	.200000*02	.272768+02	-.527083+01	-.239583+02
43	.200000*02	.303005+02	-.160645+01	-.559739+01
44	.300000*02	.330336+02	.491622+01	.129374+02
45	.400000*02	.323374+02	.786256+01	.191564+02
46	.300000*02	.321745+02	.582549+01	.153302+02
47	.300000*02	.268856+02	.711639+01	.197678+02
48	.200000*02	.294370+02	-.545701+01	-.227375+02
49	.300000*02	.322057+02	-.265733+01	-.755243+01
50	.200000*02	.326621+02	-.866206+01	-.420090+02
51	.300000*02	.327778+02	.822220+01	.634915+01
52	.270000*02	.302592+02	-.276917+01	-.100697+02
53	.300000*02	.300019+02	-.861871+00	-.293957+01
54	.200000*02	.324042+02	-.630419+01	-.250161+02
55	.200000*02	.252597+02	-.025973+01	-.202844+02
56	.300000*02	.325052+02	.549483+01	.104601+02
57	.150000*02	.309165+02	-.119165+02	-.627182+02
58	.400000*02	.363306+02	.366908+01	.917350+01
59	.400000*02	.375066+02	.254983+01	.637354+01
60	.300000*02	.400702+02	-.207024+01	-.544881+01

SALIDA DE PROGRAMA GETRES (4)

DATE 010477

PAGE 2

61	.252000+02	.276595+02	-.245995+01	-.976169+01	2
62	.279000+02	.346741+02	-.767406+01	-.284225+02	
63	.400000+02	.315063+02	.040367+01	.210002+02	3
64	.400000+02	.295594+02	.106406+02	.266015+02	
65	.200000+02	.266830+02	-.304300+01	-.141685+02	4
66	.220000+02	.251235+02	-.712387+01	-.323812+02	
67	.195000+02	.275304+02	-.904037+01	-.504122+02	5
68	.245000+02	.271504+02	-.485039+01	-.206684+02	
69	.296000+02	.344722+02	-.247215+01	-.852467+01	6
70	.340000+02	.301122+02	.508781+01	.114347+02	
71	.270000+02	.298313+02	-.283199+01	-.104863+02	7
72	.245000+02	.317345+02	-.723479+01	-.295298+02	
73	.380000+02	.312820+02	.671601+01	.176790+02	8
74	.350000+02	.309981+02	.200189+01	.606033+01	
75	.340000+02	.302040+02	.379515+01	.111622+02	9
76	.355000+02	.323081+02	.319194+01	.499138+01	
77	.270000+02	.273803+02	-.380265+00	-.140839+01	10
78	.350000+02	.319457+02	.105432+01	.319490+01	
79	.380000+02	.276394+02	.836058+01	.232238+02	11
80	.300000+02	.267251+02	.927485+01	.244075+02	
81	.400000+02	.383489+02	.165113+01	.412782+01	12
82	.400000+02	.280002+02	.119998+02	.299995+02	13
VALORES MEDIOS					14
	.318768+02				15
					16
					17
					18
					19
					20
					21
					22
					23
					24
					25
					26
					27
					28
					29
					30

SALIDA DE PROGRAMA GECLUS (1)

PROGRAMA CLUSTER

NUMERO DE MUESTRAS = 133

NUMERO DE CARACTERES = 218

JUAN TENA .. EL LOBO

AGUPAMIENTO DE PAKES SIN PONDERAR

USANDO EL COEFICIENTE DE ASOCIACION DE SOKAL Y MICHENER

2

2

DATE 101176 PAGE 24

JUAN TENA .. EL LOBO

LOS SIGUIENTES CARACTERES NO SON UTILIZADOS PARA EL CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE ASOCIACION
PORQUE SON REDUNDANTES

154

DATE 101176 PAGE 25

JUAN TENA .. EL LOBO

LOS SIGUIENTES PARES DE MUESTRAS PRESENTAN UNA ALTA PROPORCION DE COINCIDENCIAS INCIERTAS

PAR DE MUESTRAS COEFICIENTE DE SIMILITUD PROPORCION DE COINCIDENCIAS INCIERTAS

VALOR MEDIO ESPERADO DE ASOCIACION = .7375

SALIDA DE PROGRAMA GECLUS (2)

DATE 101176 PAGE 26

JUAN TENA .. EL LOBO

MATRIZ DE COEFICIENTES DE ASOCIACION

PUESTRAS NOMBRE	NUM.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		1.000															
		.876	1.000														
		.839	.871	1.000													
		.876	.862	.843	1.000												
		.820	.853	.834	.889	1.000											
		.866	.880	.843	.871	.825	1.000										
		.843	.894	.848	.876	.857	.876	1.000									
		.862	.894	.866	.876	.876	.866	.899	1.000								
		.825	.885	.839	.857	.829	.848	.917	.908	1.000							
		.825	.885	.848	.857	.866	.857	.926	.871	.908	1.000						
		.866	.880	.880	.871	.834	.880	.903	.866	.885	.894	1.000					
		.866	.871	.862	.862	.806	.862	.848	.848	.829	.829	.843	1.000				
		.834	.866	.829	.820	.820	.839	.853	.880	.880	.806	.839	.839	1.000			
		.802	.853	.843	.853	.825	.834	.894	.894	.885	.866	.853	.825	.839	1.000		
		.806	.866	.839	.829	.820	.829	.908	.899	.908	.853	.848	.829	.880	.903	1.000	
		.839	.862	.853	.899	.880	.825	.912	.894	.894	.885	.880	.843	.839	.880	.885	1.000

SALIDA DE PROGRAMA GECLUS (3)

EL LOBO • • •

AGrupamiento de pares sin ponderar

AGrupamiento de Pares sin Ponderar				
Número de Muestra	Nivel	De Asociación	Número de Ciclo	
11	106	.9217	1	41
16	43	.9355	1	101
19	60	.9078	1	72
20	64	.9217	1	12
21	98	.9355	1	101
24	26	.9171	1	50
35	32	.8848	1	25
36	2	.9171	1	83
39	117	.9124	1	101
55	57	.9309	1	25
56	119	.9263	1	85
61	80	.8710	1	101
72	107	.9217	1	50
92	131	.9032	1	25
101	128	.9493	1	82
102	125	.9539	1	55
104	105	.9677	1	39
108	110	.9355	1	101
113	90	.9032	1	44
21	23	.9124	1	50
55	63	.9147	2	115
72	27	.9055	2	94
92	99	.8963	2	10
102	9	.9355	2	11
104	103	.9378	2	20
33	32	.8733	2	16
65	91	.9078	2	93
79	50	.9263	2	101
84	77	.8894	2	50
109	111	.9217	2	40
121	8	.9171	2	84
55	122	.9002	2	101
102	51	.9263	3	24
104	130	.9355	3	56
39	29	.8963	3	133
101	17	.9332	3	1
15	45	.9171	3	50
115	116	.9032	3	16
55	52	.8952	4	58
101	7	.9293	4	19
16	22	.9124	4	25
67	20	.8917	4	69
101	104	.9142	5	86
102	15	.9124	5	101
50	8	.9055	5	87
56	37	.8894	5	56
10	49	.9217	5	59
44	132	.9032	5	53
53	54	.8802	5	53
71	95	.8756	5	5
50	2	.8978	6	101
16	18	.8986	6	61
19	127	.8894	6	124
94	30	.9171	6	56
94	108	.9078	7	76
24	4	.8940	7	3
59	118	.8894	7	58

SALIDA DE PROGRAMA GECLUS (4)

DATE 101176

JUAN TENA •• EL LOBO

ORDEN DE LAS MUESTRAS PARA EL TRAZADO DEL DENDROGRAMA

1052	101	158	2A
1078	128	180	42
130	17	151	25
115	7	1076	126
1055	104	1051	130
1056	105	1019	69
1054	103	1005	56
1080	130	1070	119
161	31	174	37
1053	102	1028	78
1076A	125	1083	133
121	9	1008	59
197	51	109	118
127	15	1018	68
104	45	1007	58
162	46	1048	97
182	44	134	19
1082	132	1009	60
1060	109	1077	127
1062	111	125	13
1063	112	1064	113
1065	114	1041	90
1045	94	189	47
1074	123	1034	83
160	30	1036	85
1059	108	113	5
1061	110	175	38
1033	82	1002	53
122	10	1003	54
194	49	1014	65
1038	87	1042	91
1029	79	1004	55
196	50	1006	57
1072	121	1012	63
116	8	1073	122
171	36	1001	52
15	2	177	39
139	21	1068	117
1049	98	158	29
146	23	1017	67
1022	72	135	20
1058	107	1013	64
153	27	1021	71
123	11	1046	95
1057	106	1035	84
1066	115	1027	77
1067	116	1025	75
178	40	17	3
150	24	1044	93
152	26	1016	66
19	4	1047	96
179	41	1040	89
129	16	1079	129
181	43	124	12
141	22	14	1
131	18	114	6
1071	120	1010	61
126	14	1030	80
		1043	92
		1081	131
		1050	99
		1039	88
		1031	81

JUNTA DE ENFERMERIA NUCLEAR

SALIDA DE PROGRAMA GECLUS (6)

JUAN TEMA .. EL LOBO

INFORMACION PARA EL TRAZADO DEL DENDROGRAMA

LONGITUD DEL EJE X = 33. PULGADAS

EJE Y TRAZADO ENTRE 1.0 Y .8

COORDENADAS EN CMS DE LOS PUNTOS QUE HAN DE SER UNIDOS. LOS CUATRO PUNTOS DE CADA FILA HAN DE SER UNIDOS POR UNA LINEA CONTINUA. ORIGEN EN EL EXTREMO SUPERIOR IZQUIERDO DE LA PAGINA.

REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS EN ORDEN DE DENDROGRAMA

1052	1078	T30	T15	1055	1056	1054	1080	T61	1053	076A
121	197	T27	T84	T86	T82	1082	1060	1062	1063	1065
1045	1074	T60	1059	1061	1033	T22	T94	1038	1029	T66
1072	T16	T71	T5	T39	1049	T46	1022	1058	T53	T23
1057	1066	1067	T78	T50	T52	T9	T79	T20	T81	T41
131	1071	T26	T58	T80	T51	1076	1051	1019	1005	1070
174	1028	1083	1008	1069	1018	1007	1048	T34	1009	1077
125	1064	1041	T69	1034	1036	T13	T75	1002	1003	1014
1042	1004	1006	1012	1073	1001	T77	1068	T50	1017	T35
1013	1021	1046	1035	1027	1025	T7	1044	1016	1017	1040
1079	T24	T4	T14	1010	1030	1043	1081	1050	1039	1031
1037	T65	T68	T64	T66	1023	1024	1011	1075	1026	T92
1020										

COORDENADAS DE LOS VERTICES

VALOR DE NCYC =	X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	X4	Y4
.25	1.00	33	.25	3.42	.50	3.42	.50	1.00
1.25	1.00	1.00	1.25	2.54	1.50	2.54	1.50	1.00
2.50	1.00	1.00	2.50	3.20	2.75	3.20	2.75	1.00
5.75	1.00	1.00	5.75	4.08	6.00	4.08	6.00	1.00
6.50	1.00	1.00	6.50	4.08	6.75	4.08	6.75	1.00
9.00	1.00	1.00	9.00	4.95	9.25	4.95	9.25	1.00
9.50	1.00	1.00	9.50	4.08	9.75	4.08	9.75	1.00
10.25	1.00	1.00	10.25	4.73	10.50	4.73	10.50	1.00
11.00	1.00	1.00	11.00	4.73	11.25	4.73	11.25	1.00
12.25	1.00	1.00	12.25	4.95	12.50	4.95	12.50	1.00
13.25	1.00	1.00	13.25	4.08	13.50	4.08	13.50	1.00
16.25	1.00	1.00	16.25	4.51	16.50	4.51	16.50	1.00
18.75	1.00	1.00	18.75	5.39	19.00	5.39	19.00	1.00
19.75	1.00	1.00	19.75	5.61	20.00	5.61	20.00	1.00
22.50	1.00	1.00	22.50	4.30	22.75	4.30	22.75	1.00
23.75	1.00	1.00	23.75	5.17	24.00	5.17	24.00	1.00
24.75	1.00	1.00	24.75	4.73	25.00	4.73	25.00	1.00
26.75	1.00	1.00	26.75	7.15	29.00	7.15	29.00	1.00
29.25	1.00	1.00	29.25	5.61	29.50	5.61	29.50	1.00
31.00	1.00	1.00	31.00	6.49	31.25	6.49	31.25	1.00
1.37	2.54	3.20	1.37	3.97	1.75	3.97	1.75	1.00
2.62	3.20	4.08	2.62	4.08	3.00	4.08	3.00	1.00
4.75	1.00	4.73	4.75	4.73	5.00	4.73	5.00	1.00
8.00	1.00	8.00	8.00	4.51	8.25	4.51	8.25	1.00
8.50	1.00	8.50	8.50	4.95	8.75	4.95	8.75	1.00

SALIDA DE PROGRAMA GECLUS (7)

DATE 101176 AGE 87

9.62	4.08	9.62	5.17	10.00	5.17	10.00	1.00
10.37	4.73	10.37	5.50	10.75	5.50	10.75	1.00
22.00	1.00	22.00	5.39	22.25	5.39	22.25	1.00
22.62	4.30	22.62	5.06	23.00	5.06	23.00	1.00
25.75	1.00	25.75	6.27	26.00	6.27	26.00	1.00
29.37	5.61	29.37	5.94	29.75	5.94	29.75	1.00
30.75	1.00	30.75	7.04	31.12	7.04	31.12	6.49
34	3.42	30.75	4.19	75	4.19	75	1.00
1.56	3.97	1.56	4.08	2.00	4.08	2.00	1.00
2.81	4.08	2.81	4.51	3.25	4.51	3.25	1.00
3.50	1.00	3.50	4.95	3.75	4.95	3.75	1.00
11.50	1.00	11.50	5.61	11.75	5.61	11.75	1.00
22.81	5.06	22.81	5.76	23.25	5.76	23.25	1.00
23.87	5.17	23.87	5.94	24.25	5.94	24.25	1.00
56	4.19	56	4.37	1.00	4.37	1.00	1.00
13.37	4.08	13.37	5.17	13.75	5.17	13.75	1.00
23.03	5.76	23.03	6.00	23.50	6.00	23.50	1.00
24.50	1.00	24.50	6.16	24.87	6.16	24.87	1.00
78	4.37	78	5.09	1.78	5.09	1.78	4.08
3.03	4.51	3.03	5.17	3.62	5.17	3.62	4.95
4.25	1.00	4.25	5.61	4.50	5.61	4.50	1.00
7.25	1.00	7.25	4.73	7.50	4.73	7.50	1.00
8.13	4.51	8.13	5.50	8.62	5.50	8.62	4.95
16.37	4.51	16.37	6.27	16.75	6.27	16.75	1.00
21.50	1.00	21.50	6.71	21.75	6.71	21.75	1.00
25.25	1.00	25.25	6.93	25.50	6.93	25.50	1.00
5.87	4.08	5.87	4.95	6.25	4.95	6.25	1.00
8.37	5.50	8.37	5.89	9.12	5.89	9.12	4.95
13.56	5.17	13.56	5.83	14.00	5.83	14.00	1.00
18.87	5.39	18.87	6.27	19.25	6.27	19.25	1.00
6.06	4.95	6.06	5.39	6.62	5.39	6.62	4.08
12.37	4.95	12.37	6.05	12.75	6.05	12.75	1.00
17.50	1.00	17.50	6.27	17.75	6.27	17.75	1.00
1.28	5.09	1.28	5.67	2.25	5.67	2.25	1.00
10.56	5.50	10.56	5.94	11.12	5.94	11.12	4.73
12.56	6.05	12.56	6.35	13.00	6.35	13.00	1.00
28.00	1.00	28.00	7.37	28.25	7.37	28.25	1.00
1.77	5.67	1.77	5.86	3.33	5.86	3.33	5.17
8.75	5.89	8.75	6.03	9.81	6.03	9.81	5.17
15.25	1.00	15.25	5.83	15.50	5.83	15.50	1.00
20.50	1.00	20.50	6.71	20.75	6.71	20.75	1.00
2.55	5.86	2.55	6.18	4.00	6.18	4.00	1.00
6.34	5.39	6.34	6.05	7.00	6.05	7.00	1.00
9.28	6.03	9.28	6.23	10.84	6.23	10.84	5.94
15.37	5.03	15.37	6.27	15.75	6.27	15.75	1.00
23.27	6.00	23.27	6.48	24.06	6.48	24.06	5.94
3.27	6.18	3.27	6.38	4.38	6.38	4.38	5.61
6.67	6.05	6.67	6.13	7.37	6.13	7.37	4.73
10.06	6.23	10.06	6.54	11.62	6.54	11.62	5.61
13.78	5.83	13.78	6.60	14.25	6.60	14.25	1.00
23.66	6.48	23.66	6.71	24.69	6.71	24.69	6.16
26.50	1.00	26.50	6.93	26.75	6.93	26.75	1.00
3.82	6.38	3.82	6.42	4.87	6.42	4.87	4.73
16.56	6.27	16.56	6.78	17.00	6.78	17.00	1.00
19.06	6.27	19.06	6.93	19.50	6.93	19.50	1.00
21.62	6.71	21.62	7.04	22.12	7.04	22.12	5.39
25.87	6.27	25.87	7.15	26.25	7.15	26.25	1.00
29.56	5.94	29.56	7.74	30.00	7.74	30.00	1.00
4.35	6.42	4.35	6.58	5.25	6.58	5.25	1.00
18.25	1.00	18.25	7.15	18.50	7.15	18.50	1.00
4.80	6.58	4.80	6.64	5.50	6.64	5.50	1.00
10.84	6.54	10.84	6.79	12.00	6.79	12.00	1.00
5.15	6.64	5.15	6.69	7.02	6.69	7.02	6.13

SALIDA DE PROGRAMA GECLUS (8)

11.42	6.79	11.42	6.85	12.78	6.85	12.78	6.35
16.78	6.78	16.78	6.99	17.25	6.99	17.25	1.00
28.13	7.37	28.13	7.48	28.50	7.48	28.50	1.00
12.10	6.85	12.10	6.96	14.02	6.96	14.02	6.60
15.56	6.27	15.56	7.08	16.00	7.08	16.00	1.00
18.37	7.15	18.37	7.43	19.28	7.43	19.28	6.93
30.25	1.00	30.25	7.59	30.50	7.59	30.50	1.00
6.09	6.69	6.09	7.10	7.75	7.10	7.75	1.00
17.02	6.99	17.02	7.41	17.62	7.41	17.62	6.27
21.00	1.00	21.00	7.37	21.25	7.37	21.25	1.00
21.88	7.04	21.88	7.29	24.18	7.29	24.18	6.71
6.92	7.10	6.92	7.16	13.06	7.16	13.06	6.96
14.75	1.00	14.75	7.59	15.00	7.59	15.00	1.00
9.99	7.16	9.99	7.60	14.50	7.60	14.50	1.00
17.32	7.41	17.32	7.68	18.00	7.68	18.00	1.00
19.67	5.61	19.67	7.70	20.25	7.70	20.25	1.00
23.03	7.29	23.03	7.76	25.37	7.76	25.37	6.93
12.24	7.60	12.24	7.78	14.87	7.78	14.87	7.59
20.06	7.70	20.06	7.96	20.62	7.96	20.62	6.71
24.20	7.76	24.20	7.81	26.06	7.81	26.06	7.15
13.56	7.78	13.56	7.82	15.78	7.82	15.78	7.08
28.31	7.48	28.31	8.25	28.87	8.25	28.87	7.15
32.25	1.00	32.25	8.03	32.50	8.03	32.50	1.00
14.67	7.82	14.67	7.90	17.66	7.90	17.66	7.68
25.13	7.81	25.13	8.10	26.62	8.10	26.62	6.93
32.37	8.03	32.37	8.47	32.75	8.47	32.75	1.00
16.17	7.90	16.17	8.10	18.83	8.10	18.83	7.43
25.88	8.10	25.88	8.36	27.00	8.36	27.00	1.00
27.50	1.00	27.50	8.47	27.75	8.47	27.75	1.00
17.50	8.10	17.50	8.26	20.34	8.26	20.34	7.96
18.92	8.26	18.92	8.39	21.12	8.39	21.12	7.37
20.02	8.39	20.02	8.43	26.44	8.43	26.44	8.36
33.00	1.00	33.00	9.35	33.25	9.35	33.25	1.00
23.23	8.43	23.23	8.66	27.25	8.66	27.25	1.00
31.75	1.00	31.75	8.69	32.00	8.69	32.00	1.00
25.24	8.66	25.24	8.99	27.62	8.99	27.62	8.47
31.67	7.59	31.67	8.91	30.94	8.91	30.94	7.04
26.43	8.69	26.43	9.24	32.56	9.24	32.56	8.47
20.66	8.91	20.66	9.04	28.59	9.04	28.59	8.25
27.51	9.04	27.51	9.18	31.50	9.18	31.50	1.00
28.65	9.18	28.65	9.37	29.78	9.37	29.78	7.74
29.86	9.37	29.86	9.97	31.08	9.97	31.08	9.04
31.04	9.97	31.04	10.00	32.22	10.00	32.22	9.24
				33.12		33.12	9.35

SALIDA DE PROGRAMA GECOR (1)

PROGRAMA PARA EFECTUAR LA AGRUPACION JERARQUICA DE LAS MUESTRAS

NUMERO DE MUESTRAS = 82

NUMERO DE VARIABLES = 9

EL LOBO .. DENSIDAD, CUANTOMETRO, COLOR

ANALISIS
JUAN TENA •• SEPARACION FAMILIAS POR CUANTOMETRO Y COLOR

AGHUPACIONES A PARTIR DE LOS COEF. DE IMBRIE

ANALISIS
JUAN TENA •• SEPARACION FAMILIAS POR CUANTOMETRO Y COLOR

547115	1	17.000	.270	2.500	.300	.200	.600	30.854	31.035	23.891
658530	2	23.000	.270	5.300	.750	.250	.900	27.325	27.887	24.662
668521	3	21.000	.380	3.900	.800	.300	.800	30.054	29.127	23.664
668527	4	33.500	.360	5.600	1.600	.100	1.200	39.605	38.943	26.433
496784	5	40.000	.360	6.500	1.500	.200	1.400	17.901	17.762	18.144
496797	6	28.000	.100	1.800	.600	.100	1.100	34.360	35.360	38.249
658525	7	34.000	.540	5.000	2.200	.050	1.400	34.589	33.897	28.045
097134	8	36.500	.660	5.500	1.200	.050	1.300	27.971	27.042	25.150
658529	9	29.000	.540	4.700	.700	.150	.850	20.671	29.063	25.463
266181	10	40.000	.580	8.500	1.500	.250	1.000	23.977	25.113	18.518
496796	11	26.500	.500	.500	.200	.100	1.100	25.904	26.838	29.705
547109	12	30.000	.360	4.100	.500	.150	.750	30.600	30.621	24.981
547116	13	27.000	.500	4.700	1.100	.150	.900	34.843	31.667	24.852
668539	14	36.000	.100	5.200	.900	.150	1.000	16.674	16.794	11.583
668546	15	29.500	.300	5.000	1.600	.010	1.200	18.336	18.901	19.700
266569	16	31.000	1.000	3.000	.900	.100	1.000	16.119	17.204	19.607
266171	17	30.000	.580	4.700	1.600	.100	1.000	43.415	44.015	40.673
266174	18	40.000	.820	6.500	1.600	.200	1.400	20.666	21.013	38.623
266175	19	40.000	.670	6.700	1.200	.200	1.300	27.363	25.658	22.450
266177	20	40.000	.590	4.700	1.200	.150	.900	28.212	18.850	30.187
266178	21	32.500	.450	3.500	.950	.100	1.300	16.859	17.141	19.094
266179	22	38.000	.361	.000	3.000	.350	1.100	24.024	23.782	31.635
266180	23	23.000	.450	3.000	.650	.100	.300	33.960	34.035	28.015
496786	24	38.000	.450	4.700	1.500	.200	1.200	25.212	22.329	26.467
496788	25	35.000	.360	3.000	.950	.100	1.200	20.286	20.733	21.788
496789	26	38.000	.520	1.600	1.200	.150	1.300	22.874	25.219	23.417
496792	27	40.000	.420	7.300	.900	.150	1.400	16.240	17.240	19.626
496793	28	40.000	.320	14.000	.600	.250	1.400	12.044	14.103	12.011
496794	29	14.000	.270	5.000	.750	.300	1.100	23.438	23.894	21.621
496791	30	40.000	.480	10.000	1.400	.200	1.500	19.577	19.575	18.697
118353	31	26.000	1.500	10.000	2.000	.200	1.500	20.511	20.425	21.898
112554	32	38.000	1.100	4.400	.500	.200	.900	23.986	22.361	21.860
118355	33	36.000	.270	8.000	.900	.200	1.300	20.894	20.575	17.296
118357	34	32.500	.680	4.500	1.600	.200	1.350	33.884	33.943	28.980
112558	35	40.000	.460	7.700	1.300	.250	1.600	14.543	14.652	22.055
118359	36	25.000	.270	2.700	1.300	.100	1.000	19.575	20.177	21.863
118361	37	40.000	.520	6.700	1.500	.200	1.300	24.461	24.466	23.398
118363	38	26.500	.270	8.800	.650	.150	1.300	10.864	11.230	11.411
118364	39	31.500	.300	6.700	1.900	.300	1.000	21.576	21.283	23.220
112565	40	36.500	.520	7.500	.750	.250	1.400	25.035	26.105	26.488
118366	41	30.000	.400	5.000	.400	.350	.750	22.190	21.991	19.972
118369	42	22.000	.460	4.400	3.100	.100	.950	22.055	22.111	20.453
118371	43	28.700	.270	7.000	.950	.150	1.000	32.775	33.169	28.031
112573	44	38.000	.420	6.000	1.200	.250	1.200	21.076	22.147	22.219
118374	45	40.000	.100	2.000	.600	.150	1.000	26.494	28.989	32.208
118375	46	38.000	.820	8.600	3.200	.150	1.200	16.019	15.658	17.313
118376	47	36.000	.100	6.400	1.600	.200	.900	23.662	24.835	18.189
118377	48	24.000	.100	2.500	.250	.150	.900	17.494	17.220	12.234
046550	49	30.000	.480	6.800	.700	.200	1.100	22.477	23.078	21.427
046551	50	23.000	.640	12.500	.900	.150	1.100	16.703	19.396	14.007
046552	51	35.000	1.000	9.000	.600	.150	1.000	23.134	23.764	18.245
046553	52	27.500	.860	10.700	2.600	.150	1.000	19.858	19.873	18.066
046554	53	30.000	.300	2.400	.700	.150	1.000	20.152	20.476	21.500

SALIDA DE PROGRAMA GETCOR (2)

197156	54	26.000	.860	7.700	4.300	.150	1.300	22.100	21.387	17.776
197156	55	21.000	.760	6.500	3.400	.100	.750	20.562	20.173	17.339
197159	56	38.000	.620	4.600	1.200	.100	1.100	25.767	24.305	19.801
197161	57	19.000	.420	4.000	.950	.150	1.000	25.085	26.084	20.332
266564	58	40.000	.420	5.500	1.300	.150	1.500	36.132	37.529	38.472
266565	59	40.000	.400	5.000	.600	.150	1.500	26.283	26.320	27.285
266566	60	38.000	.500	6.000	1.000	.100	1.700	31.303	32.748	30.885
547104	61	25.200	.100	.700	.450	.001	1.000	37.960	37.927	29.265
547105	62	27.000	.440	6.500	3.100	.200	1.300	27.164	27.378	27.469
547107	63	40.000	.660	7.700	1.100	.100	1.100	34.990	26.879	24.664
547112	64	40.000	.440	5.900	1.500	.100	1.000	25.143	25.060	23.078
547114	65	26.000	.350	5.900	.900	.100	1.000	24.156	24.630	21.009
688523	66	22.000	.100	3.900	.800	.100	1.000	28.822	28.518	21.555
688524	67	19.500	.100	4.500	.850	.050	1.100	16.532	37.279	29.127
688526	68	22.500	.480	9.800	1.400	.050	.900	38.370	37.794	28.068
688531	69	29.000	.470	8.100	.700	.400	1.000	27.342	27.393	21.004
688532	70	34.000	.100	7.500	.600	.150	1.000	29.570	29.042	20.020
688533	71	27.000	.600	3.000	1.300	.050	1.000	42.346	42.413	34.632
097135	72	24.300	.780	8.000	1.600	.050	1.200	19.760	19.404	15.819
097136	73	36.000	.640	6.800	1.400	.100	1.100	21.135	20.995	21.052
097138	74	33.000	.600	5.200	1.700	.200	.950	25.690	25.257	22.369
097140	75	34.000	.470	2.400	.600	.050	1.100	20.136	20.716	21.870
097141	76	35.500	.300	2.800	.800	.100	1.200	27.121	26.897	25.730
097142	77	27.000	.470	6.100	1.200	.010	1.000	17.886	18.796	20.572
097144	78	33.000	.470	2.400	.600	.010	1.300	26.367	27.144	29.318
097145	79	36.000	.100	2.600	.600	.010	1.000	26.930	27.776	30.560
097147	80	38.000	.300	4.600	.800	.050	1.000	37.656	37.837	33.780
496787	81	40.000	.520	5.300	2.000	.250	1.500	22.490	22.959	23.614
496790	82	40.000	.740	6.700	1.900	.200	.700	22.308	21.395	19.051

DATE 122876

PAGE 22

IMPRESION DE DATOS TRANSFORMADOS

547115	1	-4.084	1.689	-1.332	1.737	2.322	.737	-4.948	-4.956	-4.579
688530	2	-4.524	1.689	-2.406	.415	2.322	.152	-4.772	-4.802	-4.625
688521	3	-4.343	1.396	-1.964	.322	2.737	.322	-4.910	-4.865	-4.565
688527	4	-5.066	1.4474	-2.486	-.678	3.322	-.263	-5.308	-5.284	-4.725
496784	5	-5.322	1.4474	-2.701	-.585	2.322	-.485	-4.162	-4.151	-4.259
496797	6	-4.808	3.322	-.848	.737	3.322	-.138	-5.090	-5.144	-5.258
688525	7	-4.907	.689	-.322	-1.138	4.322	-.485	-5.113	-5.083	-4.810
697134	8	-5.140	.600	-2.460	-.263	2.737	-.379	-4.806	-4.757	-4.653
688529	9	-4.058	.689	-.233	.515	2.737	.234	-4.042	-4.861	-4.671
266181	10	-5.322	.786	-.088	-.585	2.000	.000	-4.529	-4.651	-4.421
496796	11	-4.728	3.322	-.545	2.322	3.322	-.138	-4.695	-4.747	-4.893
547109	12	-4.907	1.396	-.036	1.000	2.737	.415	-4.936	-4.946	-4.643
547112	13	-4.755	1.000	-.233	-.138	2.737	.152	-5.123	-4.965	-4.641
688539	14	-5.140	3.322	.379	.152	2.737	.000	-4.060	-4.070	-3.534
688546	15	-4.843	1.737	-.332	-.678	6.644	-.263	-4.197	-4.241	-4.300
266569	16	-4.955	.000	-.585	.152	3.322	.000	-4.011	-4.105	-4.294
266171	17	-4.907	.786	-.233	-.678	3.322	.000	-4.369	-4.394	-5.114
266174	18	-5.322	.690	-.701	-.678	2.322	-.485	-4.819	-4.682	-4.489
266175	19	-5.322	.578	-.744	-.263	2.322	.152	-4.819	-4.237	-4.916
266177	20	-5.322	.889	-.233	-.263	2.737	.152	-4.819	-4.237	-4.916
266178	21	-5.023	1.152	-.807	.074	3.322	-.379	-4.076	-4.100	-4.572
266179	22	-5.246	1.470	.000	-1.585	1.515	-.138	-4.587	-4.572	-4.984
266180	23	-4.524	3.322	-2.233	.622	3.322	1.737	-5.086	-5.089	-4.702
496786	24	-5.246	1.152	-2.233	-.585	2.322	-.263	-4.656	-4.481	-4.726
496788	25	-5.130	1.474	-1.585	.074	3.322	-.263	-4.343	-4.374	-4.446

SALIDA DE PROGRAMA GE COR (3)

496789	26	-5.248	.943	-3.536	-.263	2.737	-.379	-4.516	-4.657	-4.550
496792	27	-5.322	1.252	-2.868	.152	2.737	-.485	-4.060	-4.108	-4.220
496793	28	-5.322	1.844	-3.808	.737	2.000	-.485	-3.590	-3.826	-3.587
496794	29	-3.808	1.889	-2.322	.415	2.737	-.485	-4.551	-4.579	-4.435
496791	30	-5.322	1.059	-3.322	-.485	2.322	-.585	-4.277	-4.276	-4.225
118353	31	-4.701	1.000	-3.322	-1.000	2.322	-.585	-4.359	-4.353	-4.453
118354	32	-5.248	3.322	-.138	1.000	2.322	.152	-4.584	-4.483	-4.693
118355	33	-5.170	1.889	-3.000	.152	2.322	-.379	-4.385	-4.363	-4.113
118357	34	-5.023	.556	-2.170	-.678	2.322	-.433	-5.083	-5.085	-4.857
118358	35	-5.322	1.120	-2.945	-.379	2.000	-.678	-3.866	-3.873	-4.463
118359	36	-4.644	1.889	-1.433	.000	3.322	.000	-4.291	-4.335	-4.451
118361	37	-5.322	.943	-2.744	-.585	2.322	-.379	-4.613	-4.613	-4.549
118363	38	-4.728	1.889	-3.138	.622	2.737	-.379	-3.442	-3.490	-3.513
118364	39	-4.978	1.737	-2.744	-.926	3.322	.000	-4.432	-4.409	-4.538
118365	40	-5.170	.943	-2.907	.415	2.000	-.485	-4.646	-4.707	-4.728
118366	41	-4.907	1.737	-2.322	1.322	1.515	.415	-4.472	-4.456	-4.520
118369	42	-4.460	1.120	-.138	-1.632	3.322	.074	-4.463	-4.467	-4.355
118371	43	-4.843	1.889	-.808	.074	2.737	.000	-5.035	-5.052	-4.809
118373	44	-5.248	1.524	-2.585	-.263	2.737	-.263	-4.398	-4.469	-4.474
118374	45	-5.322	3.322	-1.000	.737	2.000	.000	-4.833	-4.858	-5.010
118375	46	-5.248	.286	-3.105	-1.678	2.737	-.263	-4.002	-3.969	-4.114
118376	47	-5.170	3.322	-2.678	-.678	2.322	.152	-4.633	-4.633	-4.185
118377	48	-4.585	3.322	-1.322	2.000	2.737	.152	-4.129	-4.106	-3.613
066550	49	-4.907	1.059	-2.766	.152	2.737	-.138	-4.491	-4.529	-4.422
066551	50	-4.524	.844	-3.644	.515	2.737	-.138	-4.825	-4.278	-3.808
066552	51	-5.130	.000	-3.170	.737	2.737	.000	-4.532	-4.571	-4.267
066553	52	-4.782	.218	-3.420	-1.379	2.737	.000	-4.312	-4.313	-4.253
066554	53	-4.907	1.737	-.263	.515	2.737	.000	-4.333	-4.356	-4.427
197156	54	-4.701	.218	-.945	-2.104	2.737	-.379	-4.446	-4.419	-4.152
197158	55	-4.393	.396	-.701	-1.766	3.322	.415	-4.362	-4.335	-4.116
197159	56	-5.248	.690	-.202	-.263	2.737	-.138	-4.688	-4.603	-4.308
197161	57	-4.248	1.524	-2.000	.074	2.737	.000	-4.649	-4.705	-4.346
266564	58	-5.322	1.889	-2.460	-.379	2.737	.585	-5.176	-5.230	-5.266
266565	59	-5.322	1.322	-.322	.737	2.737	-.585	-4.716	-4.718	-4.770
266566	60	-5.248	.152	-.585	.000	3.322	-.766	-4.969	-5.034	-4.949
547104	61	-4.656	3.322	-.766	1.152	9.406	.000	-5.247	-5.246	-4.871
547105	62	-4.755	.252	-.701	-1.632	2.322	-.379	-4.764	-4.775	-4.780
547107	63	-5.322	.600	-.945	-1.138	3.322	-.138	-5.129	-4.852	-4.625
547113	64	-5.322	1.185	-.561	-.585	3.322	.000	-4.652	-4.693	-4.529
547114	65	-4.701	1.515	-.561	.152	3.322	.000	-4.595	-4.623	-4.393
688523	66	-4.460	3.322	-.964	.322	3.322	.000	-4.849	-4.834	-4.430
688524	67	-4.286	3.322	-2.170	.234	4.322	.000	-5.191	-5.221	-4.865
688526	68	-4.492	1.059	-3.293	-.485	4.322	.152	-5.262	-5.240	-4.811
688531	69	-4.858	1.889	-.018	.515	2.322	.000	-4.773	-4.776	-4.393
688532	70	-5.088	3.322	-.807	.737	2.737	.000	-4.886	-4.860	-4.324
688533	71	-4.755	.322	-.585	-.379	4.322	.000	-5.405	-5.407	-5.114
097135	72	-4.615	.358	-3.000	-.678	4.322	-.263	-4.305	-4.279	-3.984
097136	73	-5.248	.644	-.766	-.485	3.322	-.138	-4.402	-4.392	-4.396
097138	74	-5.043	.737	-.379	-.766	2.322	.074	-4.683	-4.659	-4.484
097140	75	-5.088	1.889	-.263	.737	4.322	.074	-4.332	-4.373	-4.451
097141	76	-5.150	1.737	-.486	.322	3.322	-.263	-4.762	-4.750	-4.686
097142	77	-4.755	1.889	-.609	-.263	6.644	.000	-4.161	-4.233	-4.363
097144	78	-5.043	1.689	-1.263	.737	6.644	-.379	-4.721	-4.763	-4.874
097145	79	-5.170	3.322	-1.379	.737	6.644	.000	-4.751	-4.796	-4.934
097147	80	-5.248	1.737	-2.202	.322	4.322	.000	-5.235	-5.242	-5.078
496787	81	-5.322	.943	-.406	-1.000	2.000	-.585	-4.492	-4.521	-4.562
496790	82	-5.322	.434	-.744	-.926	2.322	.515	-4.480	-4.420	-4.252

EFICIENTE MEDIO DE ASOCIACION = .9661

SALIDA DE PROGRAMA GE COR (4)

EL LOBO .. DENSIDAD, CUANTOMETRO·COLOR

AGrupamiento de pares sin ponderar		NIVEL DE ASOCIACION		NUMERO DE CICLO	
GRUPO DE MUESTRAS					
2	43	.9993	1	1	9
3	57	.9995	1	1	9
7	42	.9973	1	1	10
8	56	.9995	1	1	10
11	48	.9957	1	1	10
15	77	.9993	1	1	11
19	37	.9994	1	1	11
21	25	.9994	1	1	11
26	30	.9991	1	1	12
28	38	.9964	1	1	12
32	70	.9975	1	1	13
44	49	.9991	1	1	13
46	52	.9982	1	1	13
50	51	.9971	1	1	14
54	62	.9977	1	1	14
64	73	.9990	1	1	15
65	80	.9984	1	1	15
66	67	.9982	1	1	16
68	72	.9982	1	1	16
78	79	.9965	1	1	17
2	69	.9988	2	2	17
3	13	.9990	2	2	18
8	63	.9948	2	2	18
26	31	.9981	2	2	19
44	27	.9984	2	2	19
46	54	.9967	2	2	20
5	35	.9986	2	2	20
6	45	.9957	2	2	21
14	47	.9964	2	2	21
24	74	.9989	2	2	21
53	76	.9992	2	2	21
2	29	.9977	3	3	21
14	32	.9948	3	3	21
53	36	.9986	3	3	21
19	10	.9987	3	3	21
4	17	.9980	3	3	21
9	12	.9987	3	3	21
18	81	.9985	3	3	21
53	21	.9979	4	4	21
9	3	.9980	4	4	21
8	64	.9982	4	4	21
24	34	.9983	4	4	21
40	59	.9974	4	4	21
53	65	.9989	5	5	21
8	20	.9977	5	5	21
19	18	.9979	5	5	21
19	24	.9978	6	6	21
26	5	.9974	6	6	21
44	33	.9975	6	6	21
66	23	.9916	6	6	21
44	40	.9908	7	7	21
8	60	.9969	7	7	21
4	58	.9967	7	7	21
6	11	.9908	7	7	21
19	82	.9965	8	8	21
9	2	.9981	8	8	21
7	55	.9959	8	8	21
16	71	.9949	8	8	21
19	8	.9963	9	9	21

SALIDA DE PROGRAMA GECOR (5)

EL LOBO .. DENSIDAD, CUANTOMETRO, COLOR

CRUEN DE LAS MUESTRAS PARA EL TRAZADO DEL DENDROGRAMA

046554	53		
097141	76	046553	52
L16359	36	197156	54
266178	21	547105	62
496788	25	496793	28
547114	65	L16363	38
097147	80	688523	66
097140	75	688524	67
688529	9	266180	23
547109	12	688539	14
668521	3	L16376	47
197161	57	L18354	32
547116	13	658532	70
658530	2	496797	6
L18371	43	L18374	45
658531	69	496796	11
496794	29	L16377	48
L16373	44	547115	1
046550	49	L16366	41
496792	27	266179	22
L16355	35	688546	15
L16365	40	097142	77
266565	59	097144	78
496789	26	097145	79
496791	30	547104	61
L16353	31		
496784	5		
L16358	35		
266175	19		
L16361	37		
266181	10		
266174	18		
496787	81		
496786	24		
097138	74		
L16357	34		
496790	82		
097134	8		
197159	56		
547107	63		
547113	64		
097136	73		
266177	20		
266566	60		
688527	4		
266171	17		
266564	58		
L16364	39		
046551	50		
046552	51		
266569	16		
688533	71		
658525	7		
L16369	42		
197158	55		
688526	68		
097135	72		
L16375	46		

SALIDA DE PROGRAMA GECOR (6)

DATE 122876 PAGE 33

EL LOBO .. DENSIDAD: CUANTOMETRO,COLOR

INFORMACION PARA EL TRAZADO DEL DENDROGRAMA

LONGITUD DEL EJE X = 41. CENTIMTRS

EJE Y TRAZADO ENTRE 1.0 Y 1.0

COORDENADAS EN CMS DE LOS PUNTOS QUE HAN DE SER UNIDOS. LOS CUATRO PUNTOS DE CADA FILA HAN DE SER UNIDOS POR UNA LINEA CONTINUA. ORIGEN EN EL EXTREMO SUPERIOR IZQUIERDO DE LA PAGINA.

1		2		3		4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
2.00	1.00	2.00	1.11	2.50	1.11	2.50	1.00
3.00	1.00	3.00	1.29	3.50	1.29	3.50	1.00
5.50	1.00	5.50	1.10	6.00	1.10	6.00	1.00
7.00	1.00	7.00	1.13	7.50	1.13	7.50	1.00
9.00	1.00	9.00	1.17	9.50	1.17	9.50	1.00
12.00	1.00	12.00	1.17	12.50	1.17	12.50	1.00
14.50	1.00	14.50	1.12	15.00	1.12	15.00	1.00
19.00	1.00	19.00	1.09	19.50	1.09	19.50	1.00
20.50	1.00	20.50	1.19	21.00	1.19	21.00	1.00
24.50	1.00	24.50	1.54	25.00	1.54	25.00	1.00
26.50	1.00	26.50	1.50	27.00	1.50	27.00	1.00
28.00	1.00	28.00	1.71	28.50	1.71	28.50	1.00
29.00	1.00	29.00	1.33	29.50	1.33	29.50	1.00
30.00	1.00	30.00	1.44	30.50	1.44	30.50	1.00
31.00	1.00	31.00	1.59	31.50	1.59	31.50	1.00
32.00	1.00	32.00	1.34	32.50	1.34	32.50	1.00
34.50	1.00	34.50	1.47	35.00	1.47	35.00	1.00
36.50	1.00	36.50	1.81	37.00	1.81	37.00	1.00
39.00	1.00	39.00	1.13	39.50	1.13	39.50	1.00
40.00	1.00	40.00	1.65	40.50	1.65	40.50	1.00
.50	1.00	.50	1.14	1.00	1.14	1.00	1.00
5.75	1.10	5.75	1.18	6.50	1.18	6.50	1.00
7.25	1.13	7.25	1.23	8.00	1.23	8.00	1.00
9.25	1.17	9.25	1.30	10.00	1.30	10.00	1.00
12.25	1.17	12.25	1.36	13.00	1.36	13.00	1.00
13.50	1.00	13.50	1.27	14.00	1.27	14.00	1.00
17.00	1.00	17.00	1.21	17.50	1.21	17.50	1.00
19.25	1.09	19.25	1.23	20.00	1.23	20.00	1.00
29.25	1.35	29.25	1.62	30.25	1.62	30.25	1.44
33.50	1.00	33.50	1.68	34.00	1.68	34.00	1.00
35.50	1.00	35.50	1.80	36.00	1.80	36.00	1.00
.75	1.14	.75	1.26	1.50	1.26	1.50	1.00
4.50	1.00	4.50	1.25	5.00	1.25	5.00	1.00
7.62	1.23	7.62	1.43	8.50	1.43	8.50	1.00
14.75	1.12	14.75	1.25	15.50	1.25	15.50	1.00
16.00	1.00	16.00	1.29	16.50	1.29	16.50	1.00
22.50	1.00	22.50	1.38	23.00	1.38	23.00	1.00
33.75	1.68	33.75	1.97	34.75	1.97	34.75	1.47
1.12	1.26	1.12	1.40	2.25	1.40	2.25	1.11
4.75	1.25	4.75	1.38	6.12	1.38	6.12	1.18
11.00	1.00	11.00	1.49	11.50	1.49	11.50	1.00
17.25	1.21	17.25	1.32	18.00	1.32	18.00	1.00
19.62	1.23	19.62	1.34	20.75	1.34	20.75	1.19
1.69	1.40	1.69	1.59	3.25	1.59	3.25	1.29
15.12	1.23	15.12	1.40	16.25	1.40	16.25	1.29

SALIDA DE PROGRAMA .GECOR (7)

PAGE 34

DATE 122876

20.19	1.34	20.19	1.42	21.50	1.42	21.50	1.00
9.62	1.30	9.62	1.48	10.50	1.48	10.50	1.00
12.62	1.36	12.62	1.49	13.75	1.49	13.75	1.27
15.69	1.40	15.69	1.41	17.62	1.41	17.62	1.32
32.25	1.34	32.25	2.58	33.00	2.58	33.00	1.00
10.06	1.48	10.06	1.59	11.25	1.59	11.25	1.49
20.84	1.42	20.84	1.59	22.00	1.59	22.00	1.00
22.75	1.38	22.75	1.63	23.50	1.63	23.50	1.00
35.75	1.80	35.75	1.73	36.75	1.73	36.75	1.81
5.44	1.38	5.44	1.74	8.06	1.74	8.06	1.43
16.86	1.41	16.86	1.66	18.50	1.66	18.50	1.00
25.50	1.00	25.50	1.96	26.00	1.96	26.00	1.00
26.75	1.50	26.75	1.78	27.50	1.78	27.50	1.00
2.47	1.59	2.47	1.87	4.00	1.87	4.00	1.00
17.58	1.66	17.58	1.70	21.42	1.70	21.42	1.59
32.62	2.58	32.62	2.88	34.25	2.88	34.25	1.97
10.66	1.59	10.66	1.80	13.19	1.80	13.19	1.49
23.12	1.63	23.12	1.83	24.00	1.83	24.00	1.00
39.25	1.13	39.25	2.49	40.25	2.49	40.25	1.65
11.92	1.80	11.92	1.90	18.50	1.90	18.50	1.70
27.12	1.78	27.12	2.17	28.25	2.17	28.25	1.71
39.75	2.49	39.75	3.65	41.00	3.65	41.00	1.00
15.71	1.90	15.71	2.05	23.56	2.05	23.56	1.83
3.23	1.87	3.23	2.31	6.75	2.31	6.75	1.74
27.69	2.17	27.69	2.70	29.75	2.70	29.75	1.62
4.99	2.31	4.99	2.59	19.64	2.59	19.64	2.05
37.50	1.00	37.50	2.48	38.00	2.48	38.00	1.00
12.31	2.59	12.31	2.93	24.75	2.93	24.75	1.54
33.44	2.88	33.44	3.50	36.25	3.50	36.25	2.73
18.53	2.93	18.53	3.19	25.75	3.19	25.75	1.96
34.84	3.50	34.84	3.95	37.75	3.95	37.75	2.48
22.14	3.19	22.14	3.42	28.72	3.42	28.72	2.70
25.43	3.42	25.43	4.56	31.25	4.56	31.25	1.69
28.34	4.36	28.34	5.55	36.30	5.55	36.30	3.95
32.32	5.55	32.32	6.92	38.50	6.92	38.50	1.00
35.41	6.92	35.41	9.18	40.37	9.18	40.37	3.65

SALIDA DE PROGRAMA GECYS (1)

COMPARACION DE LAS FAMILIAS 1 Y 3

VALORES DE F

F = .45452+01 CON 5 PARAMETROS Y 14 GR. LIBERTAD

VALOR DE F PARA LAS AGROPACIONES

F1 = .29543+01
F2 = .15908+01

DISTANCIA ENTRE FAMILIAS = .64217+01
DISTANCIA CENTRO - FAM 1 = -.41741+01
DISTANCIA CENTRO - FAM 2 = .22476+01

VALOR DEL DISCRIMINANTE

R1 = .97826+01
R2 = .56079+01
R2 = .33603+01

PORCENTAJE DE APOORTE DE CADA PARAMETRO

VARIABLE	CONSTANTE	TPC. AP.
B	-.1196008+02	.7344920+01
CR	.1916771+03	.4270549+02
MN	-.7300082+02	.3497438+02
NA	-.1540454+01	.1828555+01
N1	.1215583+03	.1314666+02

VALORES DE D PARA CADA UNA DE LAS MUESTRAS

PRIMER GRUPO

SALIDA DE PROGRAMA - GECYS (2)

1001/1 ...	-130245+02	16142+02	1026/1 ...	206268+03	13907+03	1014/1 ...	835859+02	600000+02
1011/1 ...	-123653+01	78001+01	1012/1 ...	529994+02	30598+02	1016/1 ...	000000	60215+01
1004/1 ...	000000	69235+01						

SEGUNDO GRUPO

1010/1 ...	000000	23783+01	1036/1 ...	000000	23783+01	1007/1 ...	000000	23783+01
1031/1 ...	000000	23783+01	1009/1 ...	000000	23783+01	1044/1 ...	000000	23783+01
1018/1 ...	000000	23783+01	1003/1 ...	000000	23783+01	1047/1 ...	000000	23783+01
1048/1 ...	000000	23783+01	1023/1 ...	000000	23783+01	1046/1 ...	000000	23783+01
1040/1 ...	000000	23783+01						

* EL PARAMETRO QUE MEJOR DIFERENCIA ES 2 QUE CORRESPONDE A CR *

ITERACION DE LIMUL PARA LAS MISMAS FAMILIAS CON ELIMINACION DE PARAMETROS CON APOORTE MENOR DE 5

ITERACION 1

VALORES DE F

F = 50870+01 CON 4 PARAMETROS Y 15 GR. LIBERTAD

VALOR DE F PARA LAS AGRUPACIONES

SALIDA DE PROGRAMA GECYS (3)

DATE 122976 PAGE 35

F1 = .38266+01
F2 = .20605+01

DISTANCIA ENTRE FAMILIAS = .62105+01
DISTANCIA CENTRO - FAM 1 = -.40368+01
DISTANCIA CENTRO - FAM 2 = .21737+01

VALOR DEL DISCRIMINANTE

R1 = .99781+01
R2 = .59412+01
R3 = .37676+01

PORCENTAJE DE APOORTE DE CADA PARAMETRO

VARIABLE	CONSTANTE	TPC. AP.
B	-.1407620+02	.9277773+01
CK	.1732430+03	.4138297+02
MI	-.6921962+02	.3559238+02
NI	.1184317+03	.1374688+02

* EL PARAMETRO QUE MEJOR DIFERENCIA ES 2 QUE CORRESPONDE A CR *

ITERACION 2

YA NO HAY PARAMETROS CON APOORTE MENOR DE 5 AL DISCRIMINANTE

SALIDA DE PROGRAMA GESTAD

DATE 020477 PAGE 9

CUANTOPETRO-COLOR, YELOG 2X FAMILIA 5

266175	40.0000	.6700	6.7000	1.2000	.2000	1.3000	27.3630	25.6580	22.4500
L12361	40.0000	.5200	6.7000	1.5000	.2000	1.3000	24.4610	24.4660	23.3900
266181	40.0000	.5800	8.5000	1.5000	.2500	1.0000	23.0770	25.1130	18.5180
266174	40.0000	.6200	6.5000	1.6000	.2000	1.4000	20.6660	21.0130	34.6230
496787	40.0000	.5200	5.3000	2.0000	.2500	1.5000	22.4900	22.9590	23.6140
496786	38.0000	.4500	4.7000	1.5000	.2000	1.2000	25.2120	22.3290	26.4670
097138	33.0000	.6000	5.2000	1.7000	.2000	.9500	25.6900	25.2570	22.3600
L12357	32.5000	.6800	4.5000	1.6000	.2000	1.3500	33.8840	33.9430	28.9800
496790	40.0000	.7400	6.7000	1.9000	.2000	1.7000	22.3040	21.3950	19.0510
097134	36.5000	.6600	5.5000	1.2000	.1500	1.3000	27.9710	27.0420	25.1500
197159	38.0000	.6200	4.6000	1.2000	.1500	1.1000	25.7670	24.3050	19.8010
547107	40.0000	.6600	7.7000	1.1000	.1000	1.1000	34.9900	28.8790	24.6040
547113	40.0000	.4400	5.9000	1.5000	.1000	1.0000	25.1430	25.8600	23.0780
097136	38.0000	.6400	6.8000	1.4000	.1000	1.1000	21.1340	20.9950	21.0520
266177	40.0000	.5400	4.7000	1.2000	.1500	.9000	20.2120	18.8500	30.1870
266566	38.0000	.9000	6.0000	1.0000	.1000	1.7000	31.3030	32.7480	30.8850

ESTADISTICOS

PARAMETRO	MEDIA	ERR. MED.	TPC. ER. MED.	DESVIACION	ERR. DESV.	TPC. ER. DV.	COEF. VARIAC.
1 AL203	38.375000	.61661036	1.6068022	2.4664414	.43600036	17.677669	.64272089-01
2 CAO	.61499998	.28269536-01	4.5966726	.11307814	.19089580-01	17.677669	.18346690
3 FE203	5.9999998	.29211869	4.8606449	1.1684747	.20655910	17.677669	.10474580
4 MGO	1.4437499	.70692260-01	4.8969337	.28276904	.49986976-01	17.677669	.10485735
5 MHO	.17187499	.12894705-01	7.4963559	.51538819-01	.91108420-02	17.677669	.29086224
6 T102	1.1412499	.62562460-01	5.2962937	.25024987	.44238345-01	17.677669	.21185175
7 X	26.229686	1.0633097	4.0538407	4.2532388	.75187349	17.677669	.16215363
8 Y	25.050749	1.0312980	4.1168350	4.1251920	.72923781	17.677669	.18467300
9 Z	24.842936	1.1399153	4.6257284	4.5596613	.80604185	17.677669	.18502914

ORDEN DE DEFINICION DE LOS PARAMETROS

1 2 3 4 5 6 7 8 9

SALIDA DE PROGRAMA GELAURO (1)

A VARIABLE 10. 13 TIENE UNA FRECUENCIA = 11 QUE EQUIVALE AL 0.27 POR CIENTO

LAS MUESTRAS QUE CONTIENEN A ESTA VARIABLE, SON

T94 1003 1076 1010 1025 1029 1030 1031 1034 1067 1076

A VARIABLE 10. 14 TIENE UNA FRECUENCIA = 131 QUE EQUIVALE AL 0.50 POR CIENTO

LAS MUESTRAS QUE CONTIENEN A ESTA VARIABLE, SON

T17	17	113	114	115	119	121	122	123	124	125
T20	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
T23	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
T26	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135
T29	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138
T32	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141
T35	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
T38	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147
T41	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
T44	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153
T47	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156
T50	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
T53	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162
T56	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165
T59	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
T62	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171
T65	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174
T68	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177
T71	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
T74	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183
T77	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186
T80	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
T83	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192
T86	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195
T89	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198
T92	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201
T95	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204
T98	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207
T101	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
T104	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213
T107	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216
T110	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219
T113	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222
T116	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225
T119	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228
T122	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231
T125	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234
T128	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237
T131	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
T134	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243
T137	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246
T140	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249
T143	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252
T146	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255
T149	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258
T152	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261
T155	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264
T158	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267
T161	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270
T164	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273
T167	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276
T170	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279
T173	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282
T176	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285
T179	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288
T182	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291
T185	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294
T188	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297
T191	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
T194	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303
T197	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306
T200	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309
T203	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312
T206	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315
T209	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318
T212	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321
T215	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324
T218	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327
T221	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330
T224	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333
T227	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336
T230	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339
T233	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342
T236	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345
T239	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348
T242	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351
T245	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354
T248	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357
T251	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
T254	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363
T257	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366
T260	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369
T263	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372
T266	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375
T269	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378
T272	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381
T275	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384
T278	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387
T281	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390
T284	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393
T287	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396
T290	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399
T293	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402
T296	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405
T299	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408
T302	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411
T305	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414
T308	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417
T311	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420
T314	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423
T317	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426
T320	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429
T323	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432
T326	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435
T329	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438
T332	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441
T335	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444
T338	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447
T341	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450
T344	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453
T347	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456
T350	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459
T353	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462
T356	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465
T359	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468
T362	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471
T365	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474
T368	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477
T371	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480
T374	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483
T377	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486
T380	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489
T383	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492
T386	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495
T389	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498
T392	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501
T395	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504
T398	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507
T401	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510
T404										

SALIDA DE PROGRAMA GENATI (1)

DATE 020477 PAGE 9

FRECUENCIAS EN LA FAMILIA 1

PARAMETRO POSITIVAS NEGATIVAS INDEF.

1 12. ***
 2 13. ***
 3 12. ***
 4 10. ***
 5 0. ***
 6 0. ***
 7 14. ***
 8 0. ***
 9 0. ***
 10 14. ***
 11 0. ***
 12 13. ***
 13 0. ***
 14 7. ***
 15 0. ***
 16 10. ***
 17 0. ***
 18 14. ***
 19 2. ***
 20 0. ***
 21 14. ***
 22 0. ***
 23 11. ***
 24 0. ***
 25 13. ***
 26 0. ***

ASOCIACION ENTRE PARAMETROS

PARAMETRO 1 POSITIVO NEGATIVO SIN ASOC.

PARAMETRO 1

2 2 6.4615 CHI = 6.4615 PRON. = .9890
 3 3 .3889 CHI = .3889 PRON. = .4671
 4 4 .9333 CHI = .9333 PRON. = .6660
 5 5 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000
 6 6 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000
 7 7 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000
 8 8 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000
 9 9 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000
 10 10 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000
 11 11 .1795 CHI = .1795 PRON. = .3282
 12 12 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000
 13 13 2.3333 CHI = 2.3333 PRON. = .8734
 14 14 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000
 15 15 .9333 CHI = .9333 PRON. = .6660
 16 16 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000
 17 17 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000
 18 18 2.4306 CHI = 2.4306 PRON. = .8610
 19 19 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000
 20 20 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000
 21 21 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000
 22 22 1.1313 CHI = 1.1313 PRON. = .7125
 23 23 .0000 CHI = .0000 PRON. = .0000

SALIDA DE PROGRAMA GENATI (2)

DATE 020477

PAGE 10

PARAMETRO 2

24	CHI =	.0000	PROB. =	.0000
2	CHI = 14.0000	PROB. = .9998		
3	CHI = .1795	PROB. = .3282		
4	CHI = .4308	PROB. = .4884		
5	CHI = .0000	PROB. = .0000		
6	CHI = .0000	PROB. = .0000		
7	CHI = .0000	PROB. = .0000		
8	CHI = .0000	PROB. = .0000		
9	CHI = .0000	PROB. = .0000		
10	CHI = .0000	PROB. = .0000		
11	CHI = .0828	PROB. = .2265		
12	CHI = .0000	PROB. = .0000		
13	CHI = 1.0769	PROB. = .7006		
14	CHI = .0000	PROB. = .0000		
15	CHI = .4308	PROB. = .4884		
16	CHI = .0000	PROB. = .0000		
17	CHI = .0000	PROB. = .0000		
18	CHI = .0000	PROB. = .0000		
19	CHI = 6.4615	PROB. = .9893		
20	CHI = .0000	PROB. = .0000		
21	CHI = .0000	PROB. = .0000		
22	CHI = 3.9487	PROB. = .9531		
23	CHI = .0000	PROB. = .0000		
24	CHI = .0000	PROB. = .0000		

PARAMETRO 3

24	CHI =	.1795	PROB. =	.3282
2	CHI = 14.0000	PROB. = .9998		
3	CHI = .5250	PROB. = .5313		
4	CHI = .0000	PROB. = .0000		
5	CHI = .0000	PROB. = .0000		
6	CHI = .0000	PROB. = .0000		
7	CHI = .0000	PROB. = .0000		
8	CHI = .0000	PROB. = .0000		
9	CHI = .0000	PROB. = .0000		
10	CHI = .0000	PROB. = .0000		
11	CHI = .1795	PROB. = .3282		
12	CHI = .0000	PROB. = .0000		
13	CHI = 2.3333	PROB. = .8734		
14	CHI = .0000	PROB. = .0000		
15	CHI = .9333	PROB. = .6660		
16	CHI = .0000	PROB. = .0000		
17	CHI = .0000	PROB. = .0000		
18	CHI = .3889	PROB. = .4671		
19	CHI = .0000	PROB. = .0000		
20	CHI = .0000	PROB. = .0000		
21	CHI = .0000	PROB. = .0000		
22	CHI = .6364	PROB. = .5750		
23	CHI = .0000	PROB. = .0000		
24	CHI = .0000	PROB. = .0000		

NUCLEAR DE ENERGIA JUNTA

SALIDA DE PROGRAMA GENATI. (3)

PERCEPCION: DE LAS PUESTRAS DE LA FAMILIA I

8363	22221211121112111111
8364	22221211121112111111
8365	22221211121112111111
8366	22221211121112111111
8367	22221211121112111111
8368	22221211121112111111
8369	22221211121112111111
8370	22221211121112111111
8371	22221211121112111111
8372	22221211121112111111
8373	22221211121112111111
8374	22221211121112111111
8375	22221211121112111111
8376	22221211121112111111
8377	22221211121112111111
8378	22221211121112111111
8379	22221211121112111111
8380	22221211121112111111
8381	22221211121112111111
8382	22221211121112111111
8383	22221211121112111111
8384	22221211121112111111
8385	22221211121112111111
8386	22221211121112111111
8387	22221211121112111111
8388	22221211121112111111
8389	22221211121112111111
8390	22221211121112111111
8391	22221211121112111111
8392	22221211121112111111
8393	22221211121112111111
8394	22221211121112111111
8395	22221211121112111111
8396	22221211121112111111
8397	22221211121112111111
8398	22221211121112111111
8399	22221211121112111111
8400	22221211121112111111

E A R

FAH.	7	CON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
PARMT0	1	.43	3.00	.00	.06	9.00	.06	.00	3.00	.06	.20	.04	32.14	1.09	.05	9.00	1.14	
		.49	.92	.00	.19	1.00	.19	.00	.92	.19	.35	.10	1.00	.70	.14	1.00	.71	
PARMT0	2	1.19	1.33	1.19	2.07	2.27	.47	.00	5.44	8.00	.69	.07	32.27	.22	.22	10.31	.29	
		.72	.75	.72	.90	.87	.51	.00	.98	1.00	.59	.20	1.00	.36	.36	1.00	.41	
PARMT0	3	12.00	.00	13.00	8.00	3.00	.00	.00	3.00	7.00	1.00	2.00	3.00	3.00	2.00	8.00	5.00	
		1.00	.00	1.00	1.00	.92	.00	.00	.92	.99	.64	.84	.92	.92	.84	1.00	.97	
PARMT0	4	7.36	1.00	1.00	1.00	.00	2.67	.00	1.00	3.57	.00	1.00	46.08	9.31	6.40	22.15	.00	
		.99	.68	.68	.68	.00	.90	.00	.68	.94	.00	.64	1.00	1.00	.99	1.00	.00	
PARMT0	5	3.00	3.00	3.00	3.00	.20	.00	.00	3.00	3.00	.14	3.00	3.00	1.00	3.00	7.00	3.00	
		.92	.92	.92	.92	.35	.00	.92	.92	.92	.20	.92	.92	.68	.92	.92	.92	
PARMT0	6	6.00	6.00	8.00	8.00	8.00	3.60	.00	4.00	8.00	.07	8.00	3.60	5.44	8.00	8.00	3.60	
		1.00	1.00	1.00	1.00	.94	.00	.00	1.00	1.00	.20	1.00	.94	.98	1.00	1.00	.94	
PARMT0	7	1.09	1.92	.73	1.46	3.00	.05	.00	.00	.06	9.00	9.00	9.00	.05	1.92	9.00	9.00	
		.70	.83	.61	.84	.52	.18	.00	.00	.19	1.00	1.00	1.00	.18	.53	1.00	1.00	
PARMT0	8	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
PARMT0	9	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.00	.00	.00	1.00	.00	
		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.64	.00	.00	.64	.00	
PARMT0	10	1.00	1.00	.00	1.00	1.00	1.00	.00	1.00	1.00	1.00	.00	43.09	12.25	1.00	1.00	1.00	
		.68	.68	.00	.68	.68	.68	.00	.68	.82	.68	.00	1.00	1.00	.68	.68	.68	

SALIDA DE PROGRAMA GENATI (4)

[illegible]

A6RUPAC.	82.49	20.29	55.32	36.56	.00	66.67	47.27	38.80	42.11	57.50	53.14	****	71.51	47.31	****	36.17
	1.00	.38	1.00	.98	.00	1.00	1.00	.98	.99	1.00	1.00	.00	1.00	1.00	1.00	.96